https://www.engcopilot.com/

Reef4 version 4.4.3.1 - Edition 174 - Décembre 2013
Document : NF DTU 39 P4 (juillet 2012) : Travaux de bâtiment - Travaux de vitrerie-miroiterie - Partie 4 : Mémento calculs pour le dimensionnement des vitrages (Indice de classement : P78-201-4)

norme française

NF DTU 39 P4
Juillet 2012
P 78-201-4

Travaux de bâtiment
Travaux de vitrerie-miroiterie
Partie 4 : Memento calculs des épaisseurs de vitrages

Building works — Glass and glazing work — Part 4 : Memorandum for glass

Teil 4 : Berechnungsmemorandum zur Dicke der Verglasungen

Statut

Norme française homologuée par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 juin 2012 pour prendre effet le 20 juillet 2012.

Remplace la norme homologuée NF DTU 39 P4, d'octobre 2006.

Correspondance

À la date de publication du présent document, il n'existe pas de travaux de normalisation internationaux ou européens traitant du même sujet.

Analyse

Le présent document définit les règles de calculs pour le dimensionnement des produits verriers mis en oeuvre sur chantier dans tout type de bâtiment selon les dispositions de la NF DTU 39 P1-1 (CCT).

Descripteurs

Thésaurus International Technique : bâtiment, vitrerie, contrat, vitrage, verre, vitrage isolant, double vitrage, définition, calcul, dimension, épaisseur, contrainte, pression du vent, neige, charge, conditions climatiques, vérification, déformation.

Modifications

Par rapport au document remplacé :

- mise en conformité de la détermination des charges climatiques conformément aux Eurocodes ;
- évolution de la méthode de calculs prenant en compte un coefficient partiel de sécurité $\gamma_q = 1,5$;
- vérification de la flèche dans tous les cas.

Sommaire

Membres de la commission de normalisation
Avant-propos
1 Domaine d'application
2 Références normatives
3 Termes et définitions

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

4 Symboles
5 Détermination des charges
5.1 Vent
5.1.1 Définition des zones de vent
5.1.2 Catégorie de terrain
5.1.3 Hauteur H du bâtiment
5.1.4 Pressions de vent P vent
5.1.5 Vitrages utilisés à l'intérieur
5.2 Poids propre
5.3 Neige
5.3.1 Définition des régions de neige
5.3.2 Charges de neige au sol
5.3.3 Coefficient μ
5.3.4 Coefficient C e
5.3.5 Coefficient C t
5.3.6 Charge de neige sur toiture
5.3.7 Charge due à une avalanche P AV
6 Combinaisons de charges
6.1 Vitrages verticaux
6.2 Vitrages inclinés
7 Méthodes de calcul
7.1 Principe
7.2 Calcul de l'épaisseur e 1
7.2.1 Vitrages en appui sur toute la périphérie
7.2.2 Vitrages en appui sur 3 côtés
7.2.3 Vitrages en appui sur 2 côtés opposés
7.2.4 Vitrages en appui sur 2 côtés opposés avec maintien(s) ponctuel(s) sur les hauteurs
7.2.4.1 Un maintien ponctuel au milieu du bord libre
7.2.4.2 Deux maintiens ponctuels équidistants
7.2.5 Vitrages bord à bord
7.2.5.1 Vitrages simples
7.2.5.2 Vitrages isolants
7.2.6 Vitrages simples bombés
7.3 Facteur de réduction c
7.4 Facteurs d'équivalence ε
7.4.1 Vitrages isolants
7.4.2 Vitrages feuilletés
7.4.3 Vitrages simples monolithiques
8 Vérification de la résistance
8.1 Vitrage simple monolithique
8.2 Vitrage simple feuilleté
8.3 Vitrage isolant
9 Vérification de la flèche
9.1 Calcul de la flèche
9.2 Critères admissibles
9.3 Calcul de e F
9.3.1 Vitrage simple monolithique
9.3.2 Vitrage simple feuilleté
9.3.3 Vitrage Isolant
9.4 Cas des vitrages inclinés pris en feuillure sur 2 ou 3 côtés, et en appui sur 4 côtés
9.5 Limitations dimensionnelles des vitrages simples monolithiques recuits ou armés
Annexe A (informative) Définitions des régions de vent
A.1 Définition des régions climatiques de vent
A.2 Départements appartenant à plusieurs régions de vent : découpage selon les cantons
Annexe B (informative) Catégories et paramètres de terrain selon NF EN 1991-1-4/NA
Annexe C (informative) Définition des régions de neige
C.1 Définition des zones climatiques de neige
Annexe D (normative) Valeurs du coefficient de déformation α
D.1 Vitrage en appui sur 4 côtés
D.2 Vitrage en appuis continus sur 3 côtés
D.3 Vitrage en appuis libres continus sur 2 côtés
Annexe E (normative) Vitrages non rectangulaires
Annexe F (normative) Stabilisateurs
F.1 Répartition des charges
F.1.1 Glaces plus hautes que larges
F.1.2 Glaces carrées ou plus larges que hautes
F.2 Epaisseur
F.3 Largeur L t du stabilisateur
F.3.1 Vitrages plus hauts que larges
F.3.2 Vitrages carrés ou plus larges que hauts
Annexe G (informative) Exemples de calculs de compositions
G.1 Simple vitrage feuilleté incliné
G.2 Vitrage isolant vertical avec une face feuilletée
G.3 Vitrage isolant incliné avec deux faces feuilletées
Bibliographie

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Membres de la commission de normalisation
Président : M NOEL
Secrétariat : M DOUARD — FFPV/BNTEC

- M AUBERT LES EXPERTS DU VERRE
- M BRIDIER
- M CARRIE CEKAL
- M CHAILLEUX LAUBEUF
- M COSSAVELLA CSTB
- M COSSON MIROITERIE DE CHAMPAGNE
- MME COUSTET SAINT GOBAIN GLASS
- MME CRIAUD SOCIETE AGC FRANCE SAS
- M DARGOEUVES SOCOTEC SAS
- M DE LA ROCHEFOUCAULD LES EXPERTS DU VERRE
- M DELSAHUT CSTB
- M DICHAMP DICHAMP TECHNIVERRIER
- M DOUARD FFPV
- MLLE DURAND CETEN/APAVE INTERNATIONAL
- MME DURANDEAU SAINT GOBAIN GLASS
- M ERNEWEIN LES EXPERTS DU VERRE
- M ESCAICH LES EXPERTS DU VERRE
- M FOURNIER MACOCCO
- M GEHIN VERRIERE LA ROCHERE SAS
- M GILLET SAINT GOBAIN GLASS
- MLLE GIRARDOT AFNOR
- M GOAS BUREAU VERITAS
- MLLE GODARD SOLUTIA
- M GRELL PILKINGTON GLASS France
- M GUITTON FFPV
- M JARRIJON SNCP
- M LAGIER CSTB
- M LAMY SNFPSA
- M LE CORNEC GINGER CEBTP
- M LE DEVEHAT GLASSALIA
- M LOPPIN SNFA
- M LORIN KOEMMERLING CHIMIE
- M MARTIN DEKRA INSPECTION
- M MAXIMIN GROUPE RIOU
- M MULOT APFV
- M NOEL GLASSOLUTIONS France
- M NUGUE SAINT GOBAIN SOLAR
- MME OLLIVIER GLASSOLUTIONS France
- M PARMENTIER TREMCO ILLBRUCK
- M PICHON SAINT GOBAIN GLASS
- M PIECHACZYK EINA
- M PINÇON BNTEC
- M PIOTTE BANC OFFICIEL D'EPREUVE
- M PLESSE CAPEB
- M POULICHET PERMASTEELISA
- M RAVASSE BNBA
- M REHFELD SAINT GOBAIN GLASS CRDC
- M RIOU VIP

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

- M ROQUETTE SAVERBAT
- M ROUGIER SAINT GOBAIN GLASS
- M SANS SOTRAVER
- M SCHMIT SAINT GOBAIN GLASS
- MLLE TANFI SFJF-FFB
- M TEPHANY MINISTERE DE L'INTERIEUR, DE L'OUTRE-MER ET DES COLLECTIVITES TERRITORIALES
- M VALEM FFB/DAT
- M VALEM SOCOTEC SAS

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Avant-propos

La norme NF DTU 39 se compose de :

- *NF DTU 39 P1-1 : Cahier des Clauses Techniques*
- *NF DTU 39 P1-2 : Critères Généraux de choix des Matériaux (CGM)*
- *NF DTU 39 P2 : Cahier des Clauses Spéciales (CCS)*
- *NF DTU 39 P3 : Mémento calculs des contraintes thermiques*
- *NF DTU 39 P4 : Mémento calculs des épaisseurs de vitrages*
- *FD DTU 39 P5 : Mémento Sécurité*

Dans l'attente de la finalisation des travaux de normalisation européens, ce document reprend la méthode de détermination des épaisseurs de la NF DTU 39 P4 version 2006, elle-même basée sur la NF P 78-201-1 - DTU 39 version 1987.

Certaines modifications ou reformulations ont été rendues nécessaires afin de conserver la cohérence du calcul et des épaisseurs courantes jusqu'ici.

Les charges climatiques de vent sont définies à partir de la NF EN 1991-1-4 et son Annexe Nationale .

Les charges climatiques de neige sont définies à partir de la NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale .

La vérification de la flèche des vitrages a été introduite, elle doit être vérifiée dans tous les cas.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

1 Domaine d'application

Le présent document définit les règles de calculs pour le dimensionnement des produits verriers mis en oeuvre sur chantier dans tout type de bâtiment selon les dispositions de la NF DTU 39 P1-1 (CCT).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

2 Références normatives

Les documents suivants cités en référence sont indispensables à l'application de la présente norme. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique (y compris les amendements).

NF DTU 39 P1-1 ,
Travaux de bâtiment — Travaux de vitrerie-miroiterie — Partie 1 : Cahier des Clauses Techniques (indice de classement : P 78-201-1-1).
FD DTU 39 P5 ,
Travaux de bâtiment - Travaux de vitrerie-miroiterie — Partie 5 : Mémento Sécurité (indice de classement : P 78-201-5).
NF EN 572-2 ,
Verre dans la construction — Produits de base : Verre de silicate sodo-calcique — Partie 2 : Glace (indice de classement : P 78-103).
NF EN 572-3 ,
Verre dans la construction — Produits de base : Verre de silicate sodo-calcique — Partie 3 : Verre armé poli (indice de classement : P 78-104).
NF EN 572-4 ,
Verre dans la construction — Produits de base : Verre de silicate sodo-calcique — Partie 4 : Verre étiré (indice de classement : P 78-105).
NF EN 572-5 ,
Verre dans la construction — Produits de base : Verre de silicate sodo-calcique — Partie 5 : Verre imprimé (indice de classement : P 78-106).
NF EN 572-6 ,
Verre dans la construction — Produits de base : Verre de silicate sodo-calcique — Partie 6 : Verre imprimé armé (indice de classement : P 78-107).
NF EN 1279 (toutes les parties),
Verre dans la construction — Vitrage isolant préfabriqué scellé (indice de classement : P 78-47X).
NF EN 1748-1 (toutes les parties),
Verre dans la construction — Produits de base spéciaux — Partie 1 : Verres borosilicates (indice de classement : P 78-109-1).
NF EN 1748-2 (toutes les parties),
Verre dans la construction — Produits de base spéciaux — Partie 2 : Vitrocéramiques (indice de classement : P 78-109-2).
NF EN 1863 (toutes les parties),
Verre dans la construction — Verre de silicate sodo-calcique thermodurci (indice de classement : P 78-220).
NF EN 1991-1-3 ,
Eurocode 1 — Action sur les structures — Partie 1-3 : Actions générales — Charges de neige (indice de classement : P 06-113-1).
NF EN 1991-1-3/NA ,
Eurocode 1 — Action sur les structures — Partie 1-3 : Actions générales — Charges de neige — Annexe nationale (indice de classement : P 06-113-1/NA).
NF EN 1991-1-4 ,
Eurocode 1 — Actions sur les structures — Partie 1-4 : Actions générales — Actions du vent (indice de classement : P 06-114-1).
NF EN 1991-1-4/NA ,
Eurocode 1 — Actions sur les structures — Partie 1-4 : Actions générales — Actions du vent — Annexe nationale (indice de classement : P 06-114-1/NA).
NF EN 12150 (toutes les parties),
Verre dans la construction — Verre de silicate sodo-calcique de sécurité trempé thermiquement (indice de classement : P 78-221).
NF EN 12337 (toutes les parties),
Verre dans la construction — Verre de silicate sodo-calcique renforcé chimiquement (indice de classement : P 78-222).
NF EN 13024 (toutes les parties),
Verre dans la construction — Verre borosilicate de sécurité trempé thermiquement (indice de classement : P 78-801).
NF EN 14321 (toutes les parties),
Verre dans la construction — Verre de silicate alcalino-terreux de sécurité trempé thermiquement (indice de classement : P 78-321).
NF EN 14179 (toutes les parties),
Verre dans la construction — Verre de silicate sodo-calcique de sécurité trempé et traité Heat Soak (indice de classement : P 78-179).
NF EN ISO 12543-2 ,
Verre dans la construction — Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité — Partie 2 : Verre feuilleté de sécurité (indice de classement : P 78-211-2).
NF EN ISO 12543-3 ,
Verre dans la construction — Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité — Partie 3 : Verre feuilleté (indice de classement : P 78-211-3).
Règles Professionnelles de conception, de mise en oeuvre et de collage des stabilisateurs en verre sur chantier,

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

FFPV, Novembre 2009.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 épaisseur nominale

épaisseur de verre déclarée, conformément à la NF EN 572

3.2 verre feuilleté

assemblage de deux ou plusieurs feuilles de verre avec un ou plusieurs intercalaires

> NOTE
> Un verre feuilleté est conforme aux NF EN ISO 12543-3 et NF EN 14449 .

3.3 verre feuilleté de sécurité

verre feuilleté pour lequel, en cas de bris, l'intercalaire a pour fonction de retenir les fragments de verre en place, de limiter la dimension de l'ouverture, d'offrir une résistance résiduelle et de réduire les risques de blessures par coupure ou pénétration

> NOTE
> Un verre feuilleté de sécurité est conforme aux NF EN ISO 12543-2 et NF EN 14449 , et classé suivant la NF EN 12600.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

4 Symboles

- A altitude en mètres (m) ;
- P pression de calcul en pascals (Pa) ;
- P_{vent} pression de vent en pascals (Pa) ;
- P_p charge due au poids propre en pascals (Pa) ;
- P_{AV} charge due à une avalanche en pascals (Pa) ;
- S_k charge de neige au sol en pascals (Pa) ;
- S_{Ad} charge neige exceptionnelle en pascals (Pa) ;
- β angle du vitrage par rapport à l'horizontale en degrés (°) ;
- μ coefficient de forme de toiture ;
- γ_q coefficient partiel de sécurité ;
- ε_1 facteur d'équivalence des vitrages isolants ;
- ε_2 facteur d'équivalence des vitrages feuilletés ;
- ε_3 facteur d'équivalence des vitrages simples monolithiques ;
- e_1 épaisseur calculée en millimètres (mm) ;
- e_F épaisseur équivalente pour le calcul de la flèche en millimètres (mm) ;
- e_R épaisseur équivalente pour le calcul de la résistance en millimètres (mm) ;
- e_p somme des épaisseurs nominales de tous les composants verriers, pour le calcul de poids propre ;
- e_i épaisseur nominale du composant i du vitrage en millimètres (mm) ;
- e_j épaisseur nominale du composant j du vitrage en millimètres (mm) ;
- e_k épaisseur nominale du composant k du vitrage en millimètres (mm) ;
- e_l épaisseur nominale du composant l du vitrage en millimètres (mm) ;
- H hauteur du bâtiment en mètres (m) ;
- L grand côté en mètres (m) ;
- l largeur en mètres (m) ;
- S surface réelle calculée au moyen des dimensions précitées exprimée à deux décimales, en mètres carrés (m^2) ;
- f flèche en millimètres (mm) ;
- α coefficient de déformation fonction du rapport L/l.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

5 Détermination des charges

5.1 Vent

5.1.1 Définition des zones de vent

Les règles données ci-après pour la détermination de la pression P_{vent} sont basées sur une simplification de la NF EN 1991-1-4 et de son Annexe Nationale .

Les quatre zones à prendre en compte en France Métropolitaine sont celles définies dans la NF EN 1991-1-4/NA .

La définition de ces quatre zones ainsi que la carte, extraites de cette norme, est donnée en Annexe A .

S'agissant des Départements d'Outre-Mer, chaque département constitue sa propre zone de vent, au sens de la NF EN 1991-1-4/NA .

5.1.2 Catégorie de terrain

On distingue cinq catégories de terrain :

- **IV** : zones urbaines dont au moins 15 % de la surface est recouverte de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêts ;
- **IIIb** : zones urbanisées ou industrielles, bocages denses, vergers ;
- **IIIa** : campagnes avec des haies, vignobles, bocages, habitats dispersés ;
- **II** : rase campagne avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur ;
- **0.** : mer ou zone côtière exposée aux vents de mer, lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km.

Dans le cas du littoral méditerranéen, hors Corse, les vitrages dont la situation correspond à la catégorie 0 sont considérés comme en catégorie de terrain II, vis-à-vis des effets du vent.

Les catégories de terrain sont illustrées par des photographies aériennes dans l'Annexe Nationale NF EN 1991-1-4/NA et reprises dans l'Annexe B du présent document.

NOTE

S'agissant des situations de construction a, b, c et d appelées dans le Tableau 2 de la NF DTU 39 P1-1:2006 (CCT), il convient de considérer les correspondances suivantes :

- Situation a et b : catégorie de terrain IV et IIIb ;
- Situation c : catégorie de terrain IIIa ;
- Situation d : II et 0.

La catégorie de terrain à prendre en compte est définie dans une zone de rayon *R* , dépendant de la hauteur du Bâtiment selon 5.1.3 . La valeur de *R* est donnée dans le Tableau 1.

Hauteur *H* du Bâtiment	$H \leq 9$ m	$9 < H \leq 18$ m	$18 < H \leq 28$ m	$28 < H \leq 50$ m	$50 < H \leq 100$ m
Rayon *R*	$R = 320$ m	$R = 750$ m	$R = 1\,250$ m	$R = 2\,500$ m	$R = 5\,800$ m

Tableau 1 Définition du Rayon de la zone de catégorie de terrain

Dans le cas où la zone comporte plusieurs catégories de terrain, la plus défavorable sera retenue.

Dans le cas d'une zone montagneuse, à plus de 900 m d'altitude, et à défaut de précision dans les DPM, les vitrages sont considérés comme en catégorie de terrain II.

À défaut d'une connaissance précise du contexte urbain, en dehors du centre des grandes villes, on choisira la situation « IIIb ».

5.1.3 Hauteur *H* du bâtiment

C'est la hauteur *H* du bâtiment au-dessus du sol qui détermine la pression du vent pour tous les vitrages extérieurs de ce bâtiment.

On distingue cinq classes de hauteur de bâtiment :

- $H \leq 9$ m ;
- $9 < H \leq 18$ m ;
- $18 < H \leq 28$ m ;
- $28 < H \leq 50$ m ;

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

- $50 < H \leq 100$ m.

La pression de vent à considérer dans le cas des bâtiments de plus de 100 m de hauteur doit être précisée dans le DPM.

5.1.4 Pressions de vent P_{vent}

Les actions du vent peuvent être déterminées :

- par l'application stricte de l'Eurocode 1 (NF EN 1991-1-4 et son Annexe Nationale), ou par essai en soufflerie, avec une période de retour égale à 50 ans et en appliquant un coefficient partiel de sécurité γ_q égal à 1,5.
- ou selon les Tableaux 2 et 3 de la méthode simplifiée ci-dessous exposée.

Les pressions de vent des Tableaux 2 et 3 ci-dessous sont établies avec les hypothèses simplificatrices suivantes :

- W50 (Période de retour : 50 ans) ;
- Coefficient partiel de sécurité $\gamma_q = 1{,}5$;
- Coefficient d'orographie Co(z) = 1 (sans dénivellation ni obstacle. Dans le cas contraire, la pression de vent doit être précisée dans les documents particuliers du marché [DPM]) ;

  NOTE 1
  Coefficient d'orographie pris par défaut égal à 1, mais pouvant être défini selon le paragraphe 4.3.3 de la NF EN 1991-1-4, en fonction des prescriptions précisées dans les DPM selon la configuration du terrain.

- $C_{pe} = -1{,}3$ (dépression maximale de rive de bâtiment pour une surface de l'élément considéré de 3 m^2) ;

  NOTE 2
  La valeur C_{pe} s'applique aux constructions de type courant (murs verticaux et parois inclinées des bâtiments à plans rectangulaires). Lorsque le bâtiment a une forme non courante, les DPM précisent les charges à prendre en compte. Surface enveloppe prise par défaut égale à 3 m^2 , mais pouvant être calculée selon le paragraphe 7.2 de la NF EN 1991-1-4.

- $C_{pi} = +0{,}2$ (valeur par défaut) ;
- $C_s C_d = 1$ (élément de remplissage) ;
- $C_{season} = 1$;
- $C_{dir} = 1$.

  NOTE 3
  Dans l'approche de la NF EN 1991-1-4 , il n'y a pas lieu de tenir compte d'un coefficient d'élancement.

Les pressions de vent exprimées en pascals (Pa) [1], à prendre en compte sont données par le Tableau 2 et 3 ci-dessous.

1)
1 Pa = 1 N/m^2 .

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

	Catégorie de Terrain	Hauteur du bâtiment				
		$H \leq 9$ m	$9 < H \leq 18$ m	$18 < H \leq 28$ m	$28 < H \leq 50$ m	$50 < H \leq 100$ m
Région 1	IV	850	950	1 150	1 400	1 800
	IIIb	900	1 200	1 400	1 700	2 050
	IIIa	1 200	1 500	1 700	2 000	2 350
	II	1 500	1 800	2 050	2 300	2 650
	0	1 900	2 150	2 350	2 600	2 900
Région 2	IV	1 050	1 100	1 350	1 700	2 100
	IIIb	1 050	1 400	1 650	2 000	2 450
	IIIa	1 400	1 750	2 000	2 350	2 800
	II	1 800	2 150	2 400	2 750	3 150
	0	2 250	2 600	2 800	3 100	3 500
Région 3	IV	1 200	1 300	1 600	2 000	2 500
	IIIb	1 250	1 650	1 950	2 350	2 900
	IIIa	1 650	2 050	2 350	2 800	3 300
	II	2 100	2 550	2 850	3 200	3 700
	0	2 650	3 050	3 300	3 650	4 100
Région 4	IV	1 400	1 500	1 850	2 300	2 900
	IIIb	1 450	1 950	2 250	2 750	3 350
	IIIa	1 900	2 400	2 750	3 200	3 850
	II	2 450	2 950	3 300	3 750	4 300
	0	3 050	3 500	3 800	4 200	4 750

Tableau 2 Pressions de vent P_{vent} en (Pa) - France Métropolitaine

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

	Catégorie de Terrain	Hauteur du bâtiment				
		$H \leq 9$ m	$9 < H \leq 18$ m	$18 < H \leq 28$ m	$28 < H \leq 50$ m	$50 < H \leq 100$ m
Guadeloupe	IV	2 300	2 500	3 050	3 800	4 800
	IIIb	2 400	3 200	3 750	4 550	5 550
	IIIa	3 150	4 000	4 550	5 300	6 350
	II	4 050	4 900	5 400	6 200	7 150
	0	5 050	5 800	6 300	6 950	7 800
Guyane	IV	500	550	700	850	1 050
	IIIb	550	700	850	1 000	1 250
	IIIa	700	900	1 000	1 200	1 400
	II	900	1 100	1 200	1 400	1 600
	0	1 150	1 300	1 400	1 550	1 750
Martinique	IV	1 800	2 000	2 400	3 000	3 800
	IIIb	1 900	2 550	2 950	3 600	4 400
	IIIa	2 500	3 150	3 600	4 200	5 000
	II	3 200	3 850	4 300	4 900	5 650
	0	4 000	4 600	5 000	5 500	6 200
Réunion	IV	2 050	2 250	2 700	3 400	4 250
	IIIb	2 150	2 850	3 350	4 050	4 950
	IIIa	2 800	3 550	4 050	4 750	5 650
	II	3 650	4 350	4 850	5 500	6 350
	0	4 550	5 200	5 600	6 200	6 950

Tableau 3 Pressions de vent P_{vent} en (Pa) - Départements d'Outre-Mer

NOTE
À défaut de précision dans la NF EN 1991-1-4/NA ou dans les DPM, il sera considéré pour Mayotte les pressions de vent de la Réunion.

5.1.5 Vitrages utilisés à l'intérieur

La pression P conventionnelle est égale à 600 Pa quelle que soit la hauteur du bâtiment et la région.

5.2 Poids propre

$$P_p = 25 \times e_p \qquad \text{... (1)}$$

5.3 Neige

La charge de neige est nulle pour les vitrages dont l'inclinaison β est supérieure à 60°.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

5.3.1 Définition des régions de neige

Les règles données ci-après pour la détermination de la pression P_{neige} sont basées sur une simplification de la NF EN 1991-1-3 et de son Annexe Nationale .
Les huit régions à prendre en compte sont celles définies dans la NF EN 1991-1-3/NA .
La définition des huit régions ainsi que la carte, extraites de cette norme, est donnée en Annexe C .

5.3.2 Charges de neige au sol

Les charges de neige au sol sont définies dans le Tableau 4.

	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Charge de neige normale S_k au sol à une altitude $A \leq 200$ m	450	450	550	550	650	650	900	1 400
Majoration de la charge pour une altitude supérieure à 200 m	ΔS_1							ΔS_2
Charge de neige exceptionnelle S_{Ad} au sol (quelle que soit l'altitude)	—	1 000	1 000	1 350	—	1 350	1 800	—

Tableau 4 Charges de neige au sol en (Pa)

La valeur de la charge de neige normale S_k au sol doit être calculée en fonction de l'altitude A (en mètres) :

Altitude A	ΔS_1	ΔS_2
200 m < $A \leq$ 500 m	A – 200	1,5 × A – 300
500 m < $A \leq$ 1 000 m	1,5 × A – 450	3,5 × A – 1 300
1 000 m < $A \leq$ 2 000 m	3,5 × A – 2 450	7 × A – 4 800

Tableau 5 Majoration ΔS de S_k en fonction de l'altitude A en (Pa)

Dans le cas d'une altitude supérieure à 2 000 m, la charge de neige au sol (S_k) doit être indiquée dans les DPM.

5.3.3 Coefficient μ

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

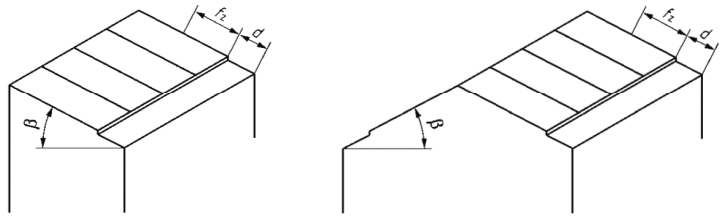
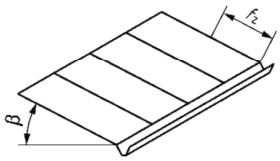
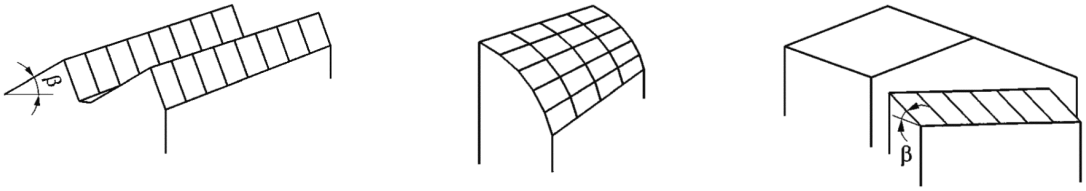
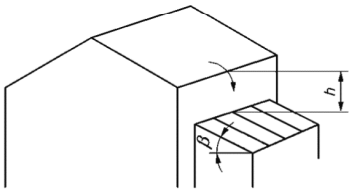
Définition de la toiture $\beta \leq 60°$	μ
Vitrages de toitures supérieures, n'allant pas jusqu'au pied de rampant, quelle que soit l'altitude, à un versant ou deux versants  Sauf dans la zone f_z lorsque $15° < \beta \leq 35°$ et $0\ m < d \leq 1\ m$ f_z : zone d'application à considérer du coefficient μ lorsqu'il est égal à 1,6, f_z = 1,00 m	0,8 1,6
 Vitrages situés en bord de toiture : Sauf : — à une altitude supérieure à 500 m dans la zone f_z — à une altitude inférieure ou égale à 500 m avec possibilité d'accumulation de neige en bord de toiture (par exemple obstacle en résurgence du plan de toiture) dans la zone f_z f_z : zone d'application à considérer du coefficient μ lorsqu'il est égal à 1,6, f_z = 0,50 m	0,8 1,6 1,6
Toitures à redans [a) 1)] Toitures courbes, sur les parties où $30° < \beta \leq 60°$ Verrières inférieures sur pignon 	1,6
 Verrières susceptibles de recevoir de la neige d'une toiture supérieure. — $3\ m \leq h \leq 6\ m$ et $\beta < 30°$ — dans tous les autres cas pour lesquels $h \leq 6\ m$ — $h > 6\ m$	2,2 1,6 2,8
a) Par convention, β est le plus petit des deux angles, quelque soit la situation de la partie vitrée.	

Tableau 6 Coefficient μ de forme de toiture

5.3.4 Coefficient C_e

Le Coefficient C_e est pris égal à 1 pour toutes les situations, sauf spécification particulière des DPM.

5.3.5 Coefficient C_t

Les bâtiments normalement chauffés étant systématiquement isolés, il convient de prendre C_t = 1,0, sauf spécification particulière des DPM.

5.3.6 Charge de neige sur toiture

Dans le cas d'une charge de neige normale, selon le paragraphe 5.3.1 :

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

$$S_1 = (S_k + \Delta S) \times \mu \times C_e \times C_t \quad \text{... (2)}$$

Dans le cas d'une charge de neige exceptionnelle, selon le paragraphe 5.3.1 :

$$S_2 = S_{Ad} \times \mu \times C_e \times C_t \quad \text{... (3)}$$

5.3.7 Charge due à une avalanche P_{AV}

Dans les zones concernées, les vitrages verticaux ou inclinés doivent résister à une pression P_{AV} de 5 000 Pa, 10 000 Pa, ou 30 000 Pa, seuls ou combinés à des dispositifs de protection (voir FD DTU 39 P5). Ces valeurs sont spécifiées dans les DPM et peuvent être définies localement.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

6 Combinaisons de charges

6.1 Vitrages verticaux

La pression de calcul P est égale à la pression de vent P_{vent} déterminée suivant 5.1 , ou à la charge due à une avalanche P_{AV} suivant 5.3.7 .

6.2 Vitrages inclinés

Les vitrages inclinés sont calculés pour résister à la plus défavorable des charges suivantes :

- P_{Vent} défini en 5.1 ;
- P2 = 3,75 ($S_1 + P_p$) ;
- P3 = 2,2 ($S_2 + P_p$).

où S_1 et S_2 sont définies en 5.3.6 .

P_p est défini en 5.2 .

Pour les vitrages en intérieur :

- P4 = 4,7 × P_p ;
- P5 = $P_{Vent} + P_p$ (Avec P_{Vent} = 600 Pa conformément au paragraphe 5.1.5).

Lorsqu'un calcul en soulèvement doit être réalisé suivant paragraphe 9.4 :

- P6 = $P_{Vent} - P_p$.

P_p est défini en 5.2 .

Pour les vitrages exposés au risque d'avalanches :

P7 = 2,5 ($P_{AV} + P_p$)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

7 Méthodes de calcul

7.1 Principe

La pression de calcul selon l'Article 6 est utilisée dans les formules ci-après pour déterminer une épaisseur e_1.

Un facteur de réduction c lié à la situation du châssis est appliqué suivant 7.3 .

L'épaisseur e_R définie à l'Article 8 intègre les facteurs d'équivalence ε du vitrage. Elle doit être au moins égale au produit ($e_1 \times c$).

$$e_R \geq e_1 \times c \qquad \text{... (4)}$$

Dans tous les cas, on calcule ensuite une épaisseur e_F suivant l'Article 9 pour vérifier que la flèche respecte les critères fixés. Si la flèche dépasse la valeur admissible, l'épaisseur des composants doit être augmentée jusqu'au respect de l'ensemble des exigences.

Les vitrages non rectangulaires en appui sur leur périphérie peuvent être assimilés à des vitrages rectangulaires dont les dimensions sont définies selon l'Annexe F .

L'épaisseur des stabilisateurs collés fait l'objet de l'Annexe F .

7.2 Calcul de l'épaisseur e_1

L'épaisseur e_1 est déterminée par application des formules précisées :

- en 7.2.1 pour les vitrages reposant sur leur périphérie ;
- en 7.2.2 pour les vitrages reposant sur 3 côtés ;
- en 7.2.3 pour les vitrages reposant sur 2 côtés ;
- en 7.2.4 pour les vitrages en appui sur 2 côtés opposés avec 1 ou 2 maintiens ponctuels sur les hauteurs ;
- en 7.2.5 pour les vitrages bord à bord ;
- en 7.2.6 pour les vitrages simples bombés.

7.2.1 Vitrages en appui sur toute la périphérie

a. Vitrage dont le rapport L/l est inférieur ou égal à 2,5 :

$$e_1 = \sqrt{\frac{S \times P}{100}} \qquad \text{... (5)}$$

b. Vitrage dont le rapport L/l est supérieur à 2,5 :

$$e_1 = \frac{l \times \sqrt{P}}{6{,}3} \qquad \text{... (6)}$$

c. Vitrage non rectangulaire en appui sur toute sa périphérie :
Il est assimilé à un vitrage rectangulaire suivant l'Annexe E . Selon les dimensions fictives obtenues, a) ou b) s'appliquent.

7.2.2 Vitrages en appui sur 3 côtés

a. Si le bord libre est le plus grand côté L :
Si $L/l \leq 7{,}5$:

$$e_1 = \sqrt{\frac{L \times 3 \times l \times P}{100}} \qquad \text{... (7)}$$

Si $L/l > 7{,}5$:

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

$$e_1 = \frac{3 \times l \times \sqrt{P}}{6{,}3} \qquad \text{... (8)}$$

b. Si le bord libre est le plus petit côté *l* :

$$e_1 = \frac{l \times \sqrt{P}}{6{,}3} \qquad \text{... (9)}$$

7.2.3 Vitrages en appui sur 2 côtés opposés

a. Si le bord libre est le plus grand côté *L* :

$$e_1 = \frac{L \times \sqrt{P}}{6{,}3} \qquad \text{... (10)}$$

b. Si le bord libre est le plus petit côté *l* :

$$e_1 = \frac{l \times \sqrt{P}}{6{,}3} \qquad \text{... (11)}$$

7.2.4 Vitrages en appui sur 2 côtés opposés avec maintien(s) ponctuel(s) sur les hauteurs

L'épaisseur calculée avec la prise en compte des maintiens ponctuels ne peut être inférieure à l'épaisseur calculée dans le cas d'un vitrage en appui sur 4 côtés selon 7.2.1 .

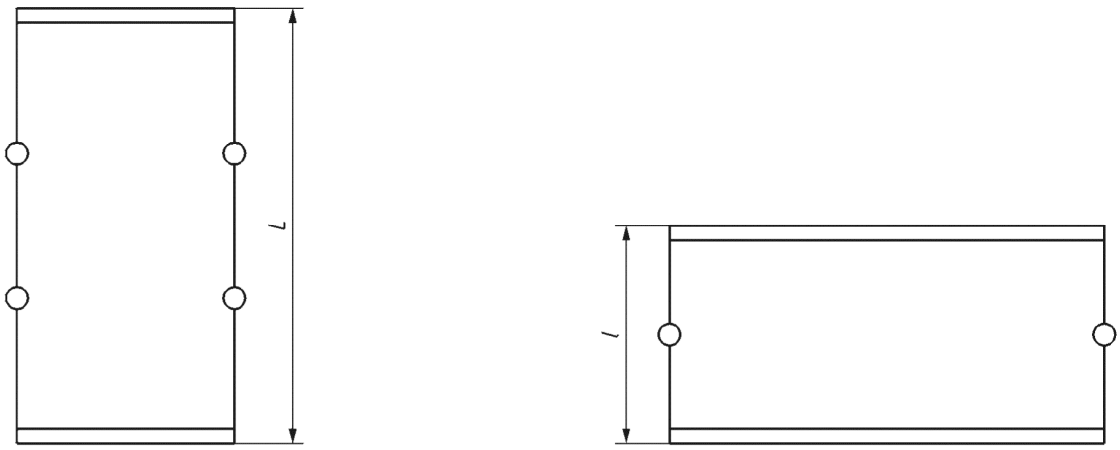


Figure 1 Vitrages en appui sur 2 côtés opposés avec maintien (s) ponctuel(s) sur les hauteurs

Lorsque les dispositifs ponctuels sont distants entre eux de 300 mm ou moins, les vitrages sont calculés comme en appui sur 4 côtés, les formules du paragraphe 7.2.1 s'appliquent.

7.2.4.1 Un maintien ponctuel au milieu du bord libre

a. Si le bord libre est le plus grand côté *L* :

$$e_1 = \frac{L \times \sqrt{P}}{6{,}3} \times 0{,}625 \qquad \text{... (12)}$$

b. si le bord libre est le plus petit côté *l* :

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

$$e_1 = \frac{l \times \sqrt{P}}{6,3} \times 0,625 \qquad \text{... (13)}$$

7.2.4.2 Deux maintiens ponctuels équidistants

a. Si le bord libre est le plus grand côté *L* :

$$e_1 = \frac{L \times \sqrt{P}}{6,3} \times 0,588 \qquad \text{... (14)}$$

b. Si le bord libre est le plus petit côté *l* :

$$e_1 = \frac{l \times \sqrt{P}}{6,3} \times 0,588 \qquad \text{... (15)}$$

7.2.5 Vitrages bord à bord

7.2.5.1 Vitrages simples

Le produit de calfeutrement n'assurant pas le maintien mécanique suivant le paragraphe 11.3 de la NF DTU 39 P1 (CCT), le dimensionnement est effectué suivant 7.2.2 ou 7.2.3 .

Lorsque ces vitrages sont collés sur un stabilisateur suivant les *Règles de Conception, de mise en oeuvre et de collage des Stabilisateurs en verre sur chantier* [FFPV — Novembre 2009], le dimensionnement est réalisé selon 7.2.1 ou 7.2.2 .

7.2.5.2 Vitrages isolants

Le produit de calfeutrement n'assure pas le maintien mécanique. Le dimensionnement des vitrages doit être effectué selon 7.2.2 ou 7.2.3 .

7.2.6 Vitrages simples bombés

L'épaisseur du vitrage bombé est calculée comme celle d'un vitrage plan de surface égale à la surface développée, les dispositions des paragraphes 7.2.1 , 7.2.2 , 7.2.3 lorsque le bord libre est le bord rectiligne et 7.2.4 s'appliquent.

Lorsque le ou les bords libres sont les bords cintrés, une étude de conception et de dimensionnement spécifique doit être réalisée.

7.3 Facteur de réduction *c*

Un facteur de réduction *c* = 0,9 est à appliquer pour tous les vitrages extérieurs en rez-de-chaussée, et dont la partie supérieure est à moins de 6 m du sol extérieur.

Dans tous les autres cas, *c* = 1,0.

Le facteur de réduction ne s'applique pas pour les stabilisateurs dimensionnés selon l'Annexe F .

7.4 Facteurs d'équivalence ε

Les facteurs d'équivalence ε_1 et ε_2 tiennent compte de l'assemblage entre composants.

Le facteur d'équivalence ε_3 tient compte de la nature des composants.

7.4.1 Vitrages isolants

Type de vitrage		ε_1
Vitrage isolant NF EN 1279	Comportant deux produits verriers (double vitrage)	1,60
	Comportant trois produits verriers (triple vitrage)	2,00

Tableau 7 Facteur d'équivalence des vitrages isolants ε_1

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

L'épaisseur des vitrages comportant plus de trois composants nécessite une étude appropriée.

7.4.2 Vitrages feuilletés

Type de vitrage		ε_2
Vitrage feuilleté de sécurité NF EN ISO 12543-2	Deux composants verriers	1,30
	Trois composants verriers	1,50
	Quatre composants verriers et plus	1,60
Vitrage feuilleté NF EN ISO 12543-3	Deux composants verriers	1,60
	Trois composants verriers et plus	2,00

Tableau 8 Facteur d'équivalence des vitrages feuilletés ε_2

7.4.3 Vitrages simples monolithiques

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Type de vitrage	ε_3
Vitrage recuit NF EN 572-2	1
Vitrage recuit armé NF EN 572-3	1,2
Vitrage étiré NF EN 572-4	1,1
Vitrage imprimé NF EN 572-5	1,1
Vitrage imprimé armé NF EN 572-6	1,3
Vitrage trempé NF EN 12150 ou NF EN 14179	0,61
Vitrage émaillé trempé NF EN 12150	0,77
Vitrage imprimé trempé NF EN 12150	0,71
Vitrage durci NF EN 1863	0,8
Vitrage borosilicate NF EN 1748-1	1
Vitrage borosilicate trempé NF EN 13024	0,61
Vitrage émaillé durci NF EN 1863	1
Vitrage alcalino-terreux recuit NF EN 1748-1	1
Vitrage alcalino-terreux trempé NF EN 14321	0,61
Vitrocéramique NF EN 1748-2	1
Vitrage trempé chimique NF EN 12337	0,55
Vitrage recuit dépoli acide industriellement	1
Vitrage recuit dépoli par sablage	1,1
Vitrage recuit dépoli par grenaillage	1,4
Vitrage gravé	1,2

Tableau 9 Facteur d'équivalence des vitrages simples monolithiques ε_3

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

8 Vérification de la résistance

e_R est l'épaisseur équivalente pour le calcul de résistance.

La résistance d'un vitrage dépend de son épaisseur et de sa nature (recuit, trempé, imprimé, etc.). Dans le cas d'un assemblage associant des composants de nature différente, seule la valeur maximale des coefficients ε_3, *MAX* (ε_3), est à prendre en compte.

Lorsque l'épaisseur e_R est inférieure à l'épaisseur nominale du composant le plus épais, e_R est pris égal à l'épaisseur de ce seul composant.

Il faut vérifier que :

$$e_R \geq e_1 \times c \qquad \text{... (16)}$$

8.1 Vitrage simple monolithique

L'épaisseur e_R est égale à son épaisseur nominale divisée par ε_3.

$$e_R = \frac{e}{\varepsilon_3} \qquad \text{... (17)}$$

8.2 Vitrage simple feuilleté

L'épaisseur e_R est égale à la somme des épaisseurs nominales des composants monolithiques, divisée par la valeur maximale des coefficients ε_3 et par le coefficient ε_2 correspondant au type de vitrage feuilleté (selon le Tableau 8).

$$e_R = \frac{e_i + e_j + \ldots + e_n}{0{,}9 \times \varepsilon_2 \times MAX(\varepsilon_3)} \qquad \text{... (18)}$$

EXEMPLE 1 (64.2) :

Verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) 64.2 avec le composant de 6 mm imprimé recuit (ε_3 = 1,1) et le composant de 4 mm trempé (ε_3 = 0,61).

MAX (ε_3) = 1,1.

$$e_R = \frac{6+4}{0{,}9 \times 1{,}3 \times 1{,}1} = 7{,}8 \text{ mm} \qquad \text{... (19)}$$

EXEMPLE 2 (88.4) :

Verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) trempé 88.4 (ε_3 = 0,61).

MAX (ε_3) = 0,61, car tous les composants sont trempés.

$$e_R = \frac{8+8}{0{,}9 \times 1{,}3 \times 0{,}61} = 22{,}4 \text{ mm} \qquad \text{... (20)}$$

8.3 Vitrage isolant

L'épaisseur e_R est égale à la somme des épaisseurs nominales des composants, soit monolithiques, soit feuilletés divisés par ε_2 (selon le Tableau 8), le tout divisé par le produit du coefficient ε_1 (selon le Tableau 7) et de *MAX* (ε_3).

Calcul de e_R pour un vitrage isolant double avec deux composants monolithiques :

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

$$e_R = \frac{e_i + e_j}{0{,}9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)} \qquad \text{... (21)}$$

Calcul de e_R pour un vitrage isolant double avec un composant feuilleté :

$$e_R = \frac{e_i + \dfrac{e_j + e_k}{0{,}9 \times \varepsilon_2}}{0{,}9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)} \qquad \text{... (22)}$$

Calcul de e_R pour un vitrage isolant double avec deux composants feuilletés :

$$e_R = \frac{\dfrac{e_i + e_j}{0{,}9 \times \varepsilon_2} + \dfrac{e_k + e_l}{0{,}9 \times \varepsilon_2}}{0{,}9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)} \qquad \text{... (23)}$$

EXEMPLE 1 (12/xx/88.2)
Soit un double vitrage isolant (ε_1 = 1,6) avec une face en verre sablé (ε_3 = 1,1) de 12 mm et une face en verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) trempé (ε_3 = 0,61) 88.4.
MAX (ε_3) = 1,1 (Vitrage sablé)

$$e_R = \frac{12 + \dfrac{8 + 8}{0{,}9 \times 1{,}3}}{0{,}9 \times 1{,}6 \times 1{,}1} = 16{,}2 \text{ mm} \qquad \text{... (24)}$$

EXEMPLE 2 (12/xx/88.4)
Soit un double vitrage isolant (ε_1 = 1,6) avec une face en verre trempé (ε_3 = 0,61) de 12 mm et une face en verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) trempé (ε_3 = 0,61) 88.4.
MAX (ε_3) = 0,61, car tous les composants sont trempés.

$$e_R = \frac{12 + \dfrac{8 + 8}{0{,}9 \times 1{,}3}}{0{,}9 \times 1{,}6 \times 0{,}61} = 29{,}2 \text{ mm} \qquad \text{... (25)}$$

EXEMPLE 3 (6/xx/64.2)
Soit un double vitrage isolant (ε_1 = 1,6) avec une face en verre trempé (ε_3 = 0,61) de 6 mm et une face en verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) 64.2 avec un composant recuit (ε_3 = 1,0) de 4 mm et un composant sablé recuit (ε_3 = 1,1) de 6 mm.
MAX (ε_3) = 1,1 (Vitrage sablé)

$$e_R = \frac{6 + \dfrac{6 + 4}{0{,}9 \times 1{,}3}}{0{,}9 \times 1{,}6 \times 1{,}1} = 9{,}2 \text{ mm} \qquad \text{... (26)}$$

EXEMPLE 4 (4/xx/4/xx/44.2)
Soit un triple vitrage isolant (ε_1 = 2,0) avec une face en verre recuit (ε_3 = 1,0) de 4 mm, une face en verre recuit (ε_3 = 1,0) de 4 mm et une face en verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) 44.2 les deux composants

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

recuits (ε_3 = 1,0).
MAX (ε_3) = 1,0 (Vitrage recuit)

$$e_R = \frac{4 + 4 + \frac{4 + 4}{0{,}9 \times 1{,}3}}{0{,}9 \times 2{,}0 \times 1{,}0} = 8{,}2 \text{ mm} \qquad \text{... (27)}$$

EXEMPLE 5 (4/xx/10)
Soit un double vitrage isolant (ε_1 = 1,6) avec une face en verre recuit (ε_3 = 1,0) de 4 mm, et une face en verre recuit (ε_3 = 1,0) de 10 mm.
MAX (ε_3) = 1,0 (Vitrage recuit)

$$e_R = \frac{4 + 10}{0{,}9 \times 1{,}6 \times 1{,}0} = 9{,}7 \text{ mm} \qquad \text{... (28)}$$

e_R est pris égal à 10 mm, car l'épaisseur calculée est inférieure à l'épaisseur du composant le plus épais.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

9 Vérification de la flèche

Dans tous les cas, la flèche des vitrages doit être vérifiée.

9.1 Calcul de la flèche

$$f = \alpha \times \frac{P}{1{,}5} \times \frac{b^4}{e_F{}^3} \qquad \text{... (29)}$$

Avec :

- α selon Annexe D ;
- P selon l'Article 6 ;
- e_F selon 9.3 ;
- b est :
  - soit le petit côté l dans le cas de vitrages pris en feuillure sur 4 côtés ;
  - soit le bord libre L ou l dans le cas de vitrages pris sur 2 ou 3 côtés.

9.2 Critères admissibles

Dans le cas des vitrages extérieurs en appui sur leur périphérie, verticaux ou inclinés, la flèche maximale au centre doit être inférieure au 1/60e du petit côté, et limitée à 30 mm.

Les vitrages présentant un bord libre doivent avoir une flèche maximale inférieure aux valeurs suivantes :

- simple Vitrage : $f \leq 1/100^e$ du bord libre, soit $f \leq b \times 10$, limitée à 50 mm ;
- double Vitrage : $f \leq 1/150^e$ du bord libre, soit $f \leq b \times 6{,}67$, limitée à 50 mm.

Dans le cas des vitrages avec maintiens ponctuels, selon 7.2.4 ,

- la flèche maximale au centre doit être inférieure au 1/60e du petit côté, et limitée à 30 mm, en considérant le vitrage en appui sur sa périphérie ;
- la flèche maximale du bord libre doit répondre aux critères définis ci-dessus pour les simples vitrages et double vitrages, en considérant la longueur b comme étant la distance entre appuis, en considérant la valeur de $\alpha = 2{,}1143$.

9.3 Calcul de e_F

e_F est l'épaisseur équivalente correspondant à la somme des épaisseurs des vitrages monolithiques ou feuilletés, pondérés des coefficients ε_1 et ε_2.

> NOTE
> Lorsque l'épaisseur e_F est inférieure à l'épaisseur du composant le plus épais, l'épaisseur e_F peut être prise égale à ce seul composant.

9.3.1 Vitrage simple monolithique

L'épaisseur d'un composant verrier monolithique est égale à son épaisseur nominale.

$$e_F = e \qquad \text{... (31)}$$

9.3.2 Vitrage simple feuilleté

L'épaisseur e_F est égale à la somme des épaisseurs nominales des composants monolithiques, divisée par le coefficient ε_2 correspondant au type de vitrage feuilleté (selon le Tableau 8).

$$e_F = \frac{e_i + e_j + \ldots}{\varepsilon_2} \qquad \text{... (32)}$$

9.3.3 Vitrage Isolant

L'épaisseur e_F est égale à la somme des épaisseurs nominales des composants, soit monolithiques, soit feuilletés divisés par ε_2 (selon le Tableau 8), le tout divisé par le coefficient ε_1 (selon le Tableau 7).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

$$e_F = \frac{e_i + e_j + \ldots}{\varepsilon_1} \qquad \ldots (33)$$

Calcul de e_F pour un vitrage isolant double avec deux composants monolithiques :

$$e_F = \frac{e_i + e_j}{\varepsilon_1} \qquad \ldots (34)$$

Calcul de e_F pour un vitrage isolant double avec un composant feuilleté :

$$e_F = \frac{e_i + \frac{e_j + e_k}{\varepsilon_2}}{\varepsilon_1} \qquad \ldots (35)$$

Calcul de e_F pour un vitrage isolant double avec deux composants feuilletés :

$$e_F = \frac{\frac{e_i + e_j}{\varepsilon_2} + \frac{e_k + e_l}{\varepsilon_2}}{\varepsilon_1} \qquad \ldots (36)$$

EXEMPLE 1 (12/xx/88.2)
Soit un double vitrage isolant (ε_1 = 1,6) avec une face en verre sablé de 12 mm et une face en verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) trempé 88.4.

$$e_F = \frac{12 + \frac{8+8}{1,3}}{1,6} = 15,2 \text{ mm} \qquad \ldots (37)$$

EXEMPLE 2 (12/xx/88.4)
Soit un double vitrage isolant (ε_1 = 1,6) avec une face en verre trempé de 12 mm et une face en verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) trempé 88.4.

$$e_F = \frac{12 + \frac{8+8}{1,3}}{1,6} = 15,2 \text{ mm} \qquad \ldots (38)$$

EXEMPLE 3 (6/xx/64.2)
Soit un double vitrage isolant (ε_1 = 1,6) avec une face en verre trempé de 6 mm et une face en verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) 64.2 avec un composant recuit de 4 mm et un composant sablé recuit de 6 mm.

$$e_F = \frac{6 + \frac{6+4}{1,3}}{1,6} = 8,6 \text{ mm} \qquad \ldots (39)$$

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

EXEMPLE 4 (4/xx/4/xx/44.2)
Soit un triple vitrage isolant (ε_1 = 2,0) avec une face en verre recuit de 4 mm, une face en verre recuit de 4 mm et une face en verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) 44.2 les deux composants recuits.

$$e_F = \frac{4 + 4 + \frac{4+4}{1,3}}{2,0} = 7,1 \text{ mm} \qquad \text{... (40)}$$

9.4 Cas des vitrages inclinés pris en feuillure sur 2 ou 3 côtés, et en appui sur 4 côtés

Dans le cas d'un vitrage dont les conditions d'appui sont différentes en pression et en dépression, la détermination de l'épaisseur doit être faite :

- avec soit P2, P3 ou P4 suivant 6.2 pour un calcul en pression sur 4 côtés ;
- avec P6 suivant 6.2 pour un calcul en dépression sur 2 ou 3 côtés.

9.5 Limitations dimensionnelles des vitrages simples monolithiques recuits ou armés

a. Les limitations suivantes s'appliquent :

Dimension maximale du petit côté (m)	**Épaisseur nominale minimale** (mm)
0,66	3
0,92	4
1,5	5
2	6
3	8

Tableau 10 Limitations dimensionnelles

b. Pour les vitrages dont la surface est supérieure à 5 m² :
   - l'épaisseur nominale doit être supérieure ou égale à 6 mm lorsque la partie basse du vitrage est à plus de 0,60 m du sol ;
   - l'épaisseur **nominale** doit être supérieure ou égale à 8 mm lorsque la partie basse du vitrage est à moins de 0,60 m du sol.

c. Pour les vitrages rectangulaires de plus de 1 m² présentant un bord libre non protégé :
   - l'épaisseur nominale doit être supérieure ou égale à 8 mm si la dimension du bord libre est inférieure à 2 m ;
   - l'épaisseur nominale doit être supérieure ou égale à 10 mm si la dimension du bord libre est supérieure ou égale à 2 m.

https://www.engcopilot.com/

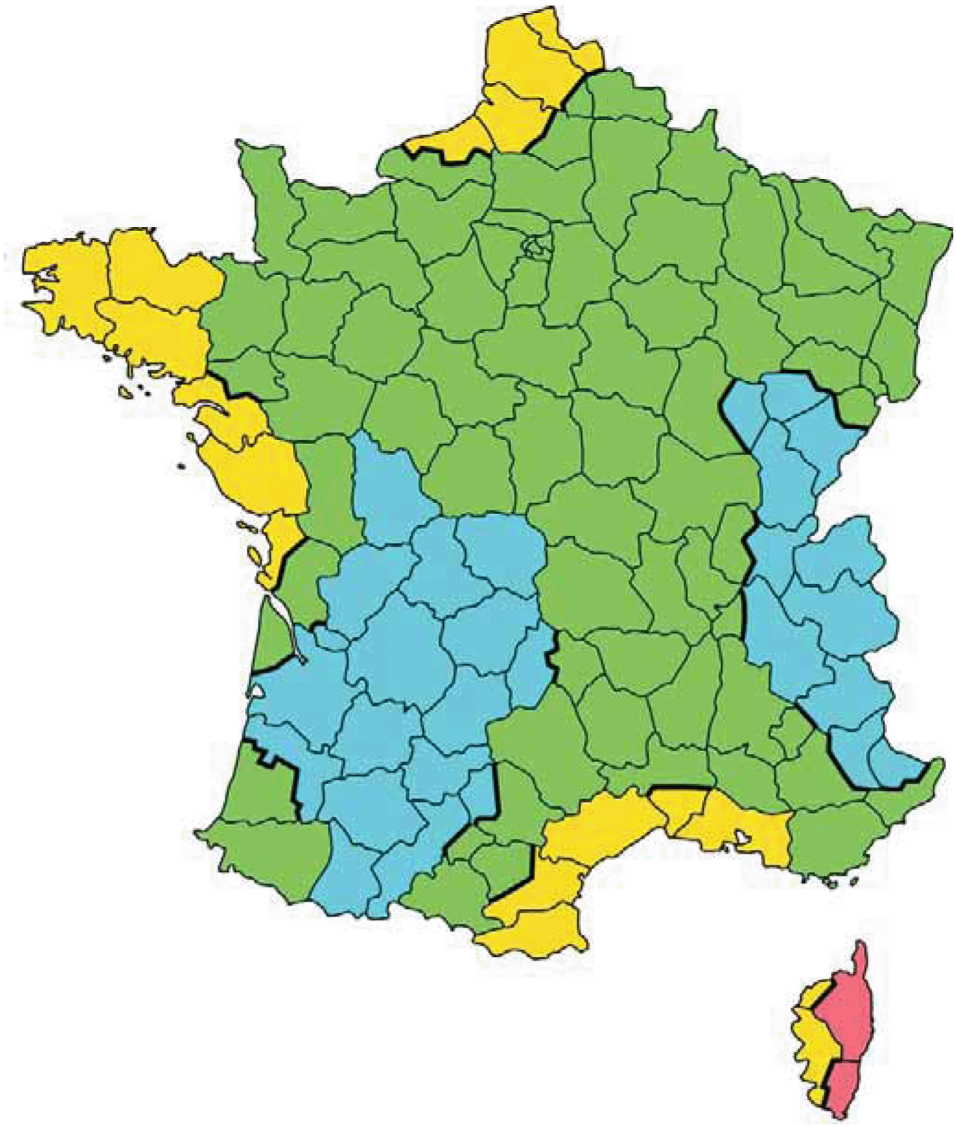
https://www.engcopilot.com/

Annexe A (informative) Définitions des régions de vent

AVERTISSEMENT

Les cinq régions climatiques à prendre en compte sont celles définies dans la NF EN 1991-1-4/NA . Il conviendra de s'assurer, au moment de l'utilisation de cette annexe, des mises à jour éventuelles du texte de référence.

A.1 Définition des régions climatiques de vent



Région	1	2	3	4

Figure A.1 France Métropolitaine - Carte « vent »

En France Métropolitaine, quatre régions sont à prendre en compte suivant la Figure E.1 . Le découpage par cantons de la carte est détaillé dans le Tableau E.2.

Les définitions des quatres régions de la France Métropolitaine sont rappelées dans le Tableau A.1. La Guyane, la Guadeloupe, la Martinique et la Réunion constituent chacune une Région au sens de la NF EN 1991-1-4/NA . À défaut de charges définies dans les DPM, les pressions de vent du Tableau 3 s'appliquent.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Région	Définitions des régions, par départements
1	Ain *), Alpes-de-Haute-Provence *), Hautes-Alpes *), Alpes-Maritimes *), Cantal *), Charente, Charente-Maritime *), Corrèze, Côte-d'Or *), Creuse, Dordogne, Doubs *), Haute-Garonne *), Gers, Gironde *), Isère *), Jura, Landes *), Lot, Lot-et-Garonne, Hautes-Pyrénées, Haute-Saône *), Savoie, Haute-Savoie, Tarn *), Tarn-et-Garonne, Vienne, Haute-Vienne Guyane
2	Ain *), Aisne, Allier, Alpes-de-Haute-Provence *), Hautes-Alpes *), Alpes-Maritimes *), Ardèche, Ardennes, Ariège, Aube, Aude *), Aveyron, Calvados, Cantal *), Charente, Charente-Maritime *), Cher, Côte-d'Or *), Doubs *), Drôme, Eure, Eure-et-Loir, Gard *), Haute-Garonne *), Gironde *), Ille-et-Vilaine, Indre, Indre-et-Loire, Isère *), Landes *), Loir-et-Cher, Loire, Haute-Loire, Loire-Atlantique *), Loiret, Lozère, Maine-et-Loire, Manche, Marne, Haute-Marne, Mayenne, Meurthe-et-Moselle, Meuse, Moselle, Nièvre, Nord *), Oise, Orne, Pas-de-Calais *), Puy-de-Dôme, Pyrénées-Atlantiques, Bas-Rhin, Haut-Rhin, Rhône, Haute-Saône *), Saône-et-Loire, Sarthe, Seine-Maritime *), Deux-Sèvres, Somme *), Tarn *), Tarn-et-Garonne, Var, Vaucluse, Vosges, Yonne, Belfort (Territoire) Région Ile-de-France, ville de Paris, Seine-et-Marne, Yvelines, Essonne, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, Val-d'Oise
3	Aude *), Bouches-du-Rhône, Charente-Maritime *), Corse-du-Sud *), Haute-Corse *), Côtes-d'Armor, Finistère, Gard *), Hérault, Loire-Atlantique *), Morbihan, Nord *), Pas-de-Calais *), Pyrénées-Orientales, Seine-Maritime *), Somme *), Vendée
4	Corse-du-Sud *), Haute-Corse *)
*) *Pour une partie du département. Voir le découpage par cantons dans le Tableau E.2.*	

Tableau A.1 Définitions des régions, par départements

A.2 Départements appartenant à plusieurs régions de vent : découpage selon les cantons

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Département	Régions	Cantons
01 Ain	2	Bâgé-le-Châtel, Chalamont, Châtillon-sur-Chalaronne, Coligny, Meximieux, Miribel, Montluel, Montrevel-en-Bresse, Pont-de-Vaux, Pont-de-Veyle, Reyrieux, Saint-Trivier-de-Courtes, Saint-Trivier-sur-Moignans, Thoissey, Trévoux, Villars-les-Dombes
	1	Tous les autres cantons
04 Alpes-de-Haute-Provence	1	Annot, Barcelonnette, Colmars, Entrevaux, Javie (la), Lauzet-Ubaye (le), Saint-André-les-Alpes, Seyne
	2	Tous les autres cantons
05 Hautes-Alpes	2	Aspres-sur-Buëch, Barcillonnette, Laragne-Montéglin, Orpierre, Ribiers, Rosans, Serres, Tallard, Veynes
	1	Tous les autres cantons
06 Alpes-Maritimes	1	Guillaumes, Puget-Théniers, Saint-Étienne-de-Tinée, Saint-Martin-Vésubie, Saint-Sauveur-sur-Tinée, Villars-sur-Var
	2	Tous les autres cantons
11 Aude	2	Alaigne, Alzonne, Belpech, Carcassonne (tous cantons), Castelnaudary (tous cantons), Chalabre, Conques-sur-Orbiel, Fanjeaux, Limoux, Mas-Cabardès, Montréal, Saissac, Salles-sur-l'Hers
	3	Tous les autres cantons
15 Cantal	2	Allanche, Chaudes-Aigues, Condat, Massiac, Murat, Pierrefort, Ruynes-en-Margeride, Saint-Flour (tous cantons)
	1	Tous les autres cantons
17 Charente-Maritime	1	Montendre, Montguyon, Montlieu-la-Garde
	2	Archiac, Aulnay, Burie, Cozes, Gémozac, Jonzac, Loulay, Matha, Mirambeau, Pons, Saintes (tous cantons), Saint-Genis-de-Saintonge, Saint-Hilaire-de-Villefranche, Saint-Jean-d'Angély, Saint-Porchaire, Saint-Savinien, Saujon, Tonnay-Boutonne
	3	Tous les autres cantons
2A Corse-du-Sud	4	Bonifacio, Figari, Levie, Porto-Vecchio, Serra-di-Scopamène
	3	Tous les autres cantons
2B Haute-Corse	3	Belgodère, Calenzana, Calvi, Île-Rousse (l')
	4	Tous les autres cantons
21 Côte-d'Or	1	Auxonne, Chenôve, Dijon (tous cantons), Fontaine-Française, Fontaine-les-Dijon, Genlis, Grancey-le-Château-Neuvelle, Is-sur-Tille, Mirebeau-sur-Bèze, Pontailler-sur-Saône, Saint-Jean-de-Losne, Saint-Seine-l'Abbaye, Selongey
	2	Tous les autres cantons
25 Doubs	2	Audincourt, Clerval, Etupes, Hérimoncourt, Isle-sur-le-Doubs (l'), Maîche, Montbéliard (tous cantons), Pont-de-Roide, Saint-Hippolyte, Sochaux, Valentigney
	1	Tous les autres cantons

Tableau A.2 Départements appartenant à plusieurs régions de vent : découpage selon les cantons

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Département	Régions	Cantons
30 Gard	3	Aigues-Mortes, Aimargues, Aramon, Beaucaire, Bouillargues, Saint-Gilles, Marguerittes, Nîmes (tous cantons), Quissac, Saint-Mamert-du-Gard, Sommières, Vauvert
	2	Tous les autres cantons
31 Haute-Garonne	2	Auterive, Caraman, Cintegabelle, Lanta, Montgiscard, Nailloux, Revel, Villefranche-de-Lauragais
	1	Tous les autres cantons
33 Gironde	2	Castelnau-de-Médoc, Lesparre-Médoc, Pauillac, Saint-Laurent-Médoc, Saint-Vivien-de-Médoc
	1	Tous les autres cantons
38 Isère	2	Beaurepaire, Heyrieux, Saint-Jean-de-Bournay
	1	Tous les autres cantons
40 Landes	2	Amou, Castets, Dax (tous cantons), Montfort-en-Chalosse, Mugron, Peyrehorade, Pouillon, Saint-Martin-de-Seignanx, Saint-Vincent-de-Tyrosse, Soustons, Tartas (tous cantons)
	1	Tous les autres cantons
44 Loire-Atlantique	2	Ancenis, Blain, Châteaubriant, Derval, Guémené-Penfao, Ligné, Moisdon-la-Rivière, Nort-sur-Erdre, Nozay, Riaillé, Rougé, Saint-Julien-de-Vouvantes, Saint-Mars-la-Jaille, Saint-Nicolas-de-Redon, Varades
	3	Tous les autres cantons
59 Nord	2	Anzin, Arleux, Avesnes-sur-Helpe (tous cantons), Bavay, Berlaimont, Bouchain, Cambrai (tous cantons), Carnières, Cateau-Cambrésis (le), Clary, Condé-sur-l'Escaut, Denain, Douai (tous cantons), Hautmont, Landrecies, Marchiennes, Marcoing, Maubeuge (tous cantons), Orchies, Quesnoy (le) (tous cantons), Saint-Amand-les-Eaux (tous cantons), Solre-le-Château, Solesmes, Trélon, Valenciennes (tous cantons)
	3	Tous les autres cantons
62 Pas-de-Calais	2	Bapaume, Bertincourt, Croisilles, Marquion, Vitry-en-Artois
	3	Tous les autres cantons
70 Haute-Saône	1	Autrey-lès-Gray, Champlitte, Dampierre-sur-Salon, Fresne-Saint-Mamès, Gray, Gy, Marnay,Montbozon, Pesmes, Rioz, Scey-sur-Saône-Et-Saint-Albin
	2	Tous les autres cantons
76 Seine-Maritime	3	Bacqueville-en-Caux, Blangy-sur-Bresle, Cany-Barville, Dieppe (tous cantons), Envermeu, Eu, Fontaine-le-Dun, Offranville, Saint-Valéry-en-Caux
	2	Tous les autres cantons
80 Somme	2	Ailly-sur-Noye, Albert, Bray-sur-Somme, Chaulnes, Combles, Ham, Montdidier, Moreuil, Nesle, Péronne, Roisel, Rosières-en-Santerre, Roye
	3	Tous les autres cantons
81 Tarn	1	Cadalen, Castelnau-de-Montmiral, Cordes-sur-Ciel, Gaillac, Graulhet, Lavaur, Lisle-sur-Tarn, Rabastens, Saint-Paul-Cap-de-Joux, Salvagnac, Vaour
	2	Tous les autres cantons

Tableau A.2 Départements appartenant à plusieurs régions de vent : découpage selon les cantons (suite)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe B (informative) Catégories et paramètres de terrain selon NF EN 1991-1-4/NA

AVERTISSEMENT

Les informations ci-dessous sont celles définies dans à la NF EN 1991-1-4/NA:2008 . Il conviendra de s'assurer, au moment de l'utilisation de cette annexe, des mises à jour éventuelles du texte de référence.

	Catégorie de terrain
0	Mer ou zone côtière exposée aux vents de la mer ; lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km
II	Rase campagne avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur
IIIa	Campagne avec des haies vignobles, bocage, habitat dispersé
IIIb	Zones urbanisées ou industrielles ; bocage denses, verger
IV	Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouverts de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêts
NOTE	Les catégories de terrain sont illustrées par les photographies aériennes des Figures A.1 à A.9.

Tableau B.1 Catégories et paramètres de terrain

Figure B.1 Rugosité 0 (mer) et IV (ville)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

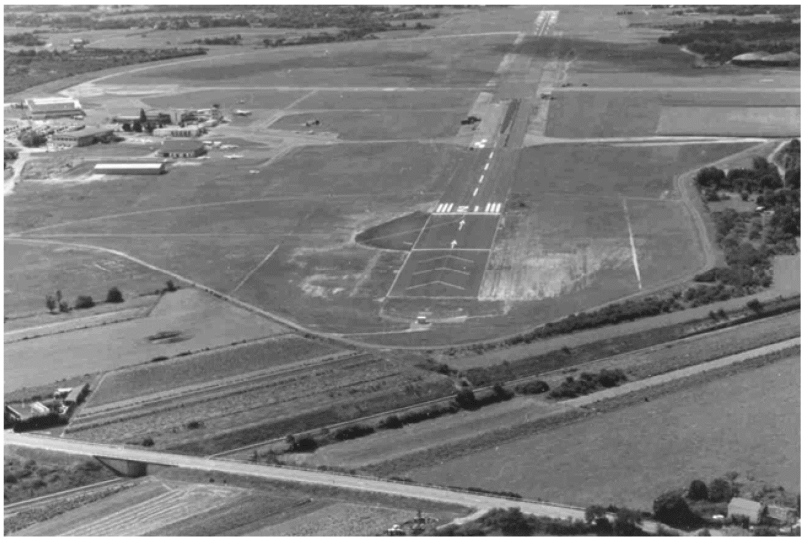


Figure B.2 Rugosité II (rase campagne, aéroport)

Figure B.3 Rugosité II (rase campagne)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Figure B.4 Rugosité IIIa (campagne avec des haies, bocage, etc.)

Figure B.5 Rugosité IIIb (bocage dense)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Figure B.6 Rugosité IIIb (zone industrielle)

Figure B.7 Rugosité IV (ville)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Figure B.8 Rugosité IV (ville)

Figure B.9 Rugosité IV (forêt)

https://www.engcopilot.com/

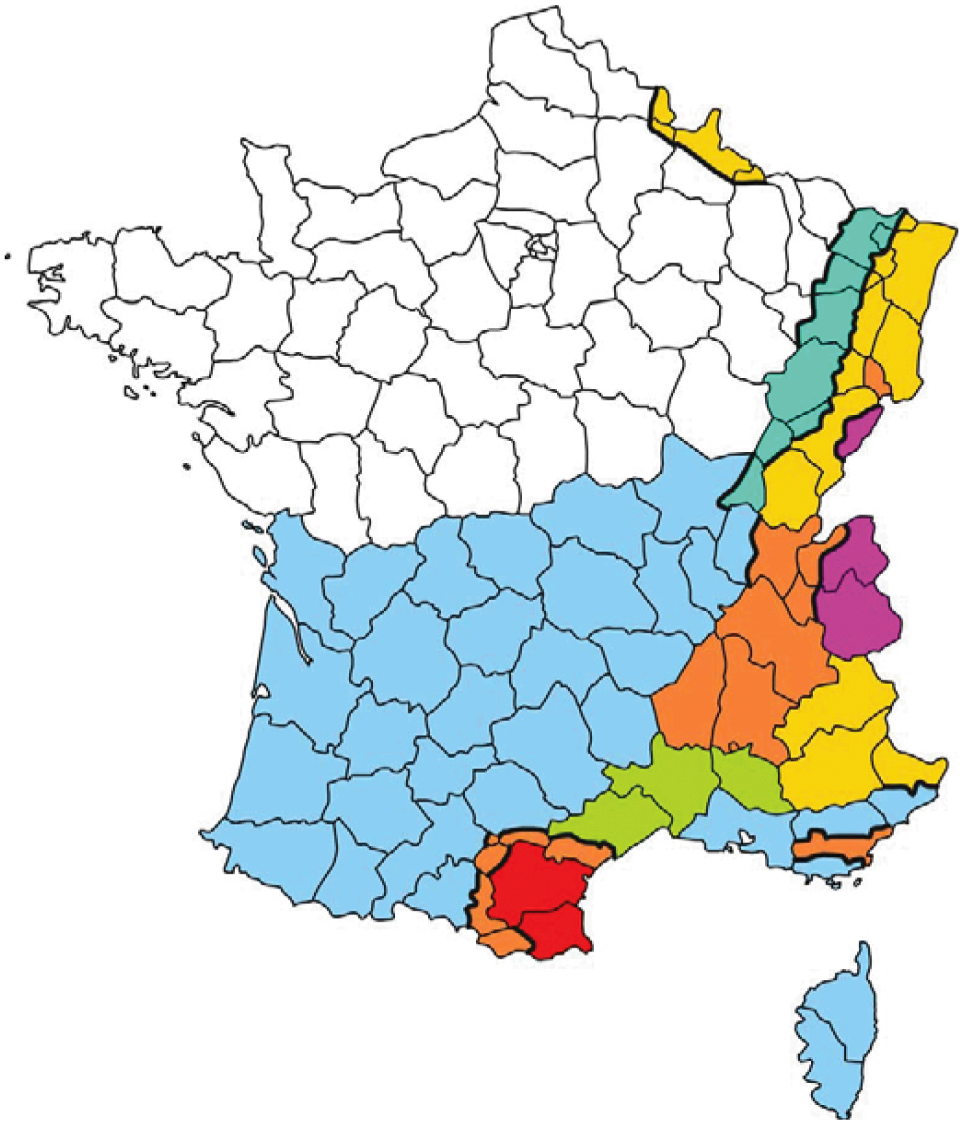
https://www.engcopilot.com/

Annexe C (informative) Définition des régions de neige

AVERTISSEMENT

Les huit régions climatiques à prendre en compte sont celles définies dans l'Annexe nationale à la NF EN 1991-1-3. Les informations ci-dessous sont celles définies dans la NF EN 1991-1-3/NA:2007 Il conviendra de s'assurer, au moment de l'utilisation de cette annexe, des mises à jour éventuelles du texte de référence.

C.1 Définition des zones climatiques de neige



Région	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E

Figure C.1 Carte des régions de neige

Les définitions des huit régions sont rappelées ci-après.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Zone	Définitions des zones, par départements
A1	Aisne *), Ardennes *), Aube, Calvados, Cher, Côte d'Or, Côtes d'Armor, Eure, Eure-et-Loir, Finistère, Ille-et-Vilaine, Indre, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Loire-Atlantique, Loiret, Maine-et-Loire, Manche, Marne, Haute-Marne, Mayenne, Meurthe-et-Moselle *), Meuse *), Morbihan, Moselle *), Nièvre, Nord *), Oise, Orne, Pas-de-Calais, Sarthe, Seine-Maritime, Deux-Sèvres, Somme, Vendée, Vienne, Yonne Région Île-de-France, ville de Paris, Seine-et-Marne, Yvelines, Essonne, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, Val-d'Oise
A2	Ain *), Allier, Alpes-Maritimes *), Ariège *), Aveyron, Bouches-du-Rhône, Cantal, Charente, Charente-Maritime, Corrèze, Haute-Corse, Corse-du-Sud, Creuse, Dordogne, Haute-Garonne *), Gers, Gironde, Landes, Loire, Haute-Loire, Lot, Lot-et-Garonne, Lozère, Puy-de-Dôme, Pyrénées-Atlantiques, Hautes-Pyrénées, Rhône, Saône-et-Loire *), Tarn *), Tarn-et-Garonne, Var *), Haute-Vienne
B1	Doubs *), Jura *), Meurthe-et-Moselle *), Moselle *), Bas-Rhin *), Haute-Saône *), Saône-et-Loire *), Vosges *)
B2	Gard, Hérault *), Vaucluse *)
C1	Aisne *), Alpes-Maritimes *), Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Ardennes *), Doubs *), Jura *), Meurthe-et-Moselle *), Meuse *), Moselle *), Nord *), Bas-Rhin *), Haut Rhin, Haute-Saône *), Vosges *)
C2	Ain *), Ardèche, Ariège *), Aude *), Drôme, Haute-Garonne *), Hérault *), Isère, Pyrénées-Orientales *), Savoie *), Haute-Savoie *), Tarn *), Var *), Vaucluse *), Territoire de Belfort
D	Aude *), Pyrénées-Orientales *)
E	Doubs *), Savoie *), Haute-Savoie *) Saint-Pierre-et-Miquelon
*) *Pour une partie du département. Voir le découpage par cantons dans le Tableau E.2.*	

Tableau C.1 Définitions des régions de neige, par départements

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Département	Régions	Cantons
01 Ain	A2	Bâgé-le-Châtel, Bourg-en-Bresse (tous cantons), Chalamont, Châtillon-sur-Chalaronne, Coligny, Meximieux, Miribel, Montluel, Montrevel-en-Bresse, Péronnas, Pont-d'Ain, Pont-de-Vaux, Pont-de-Veyle, Reyrieux, Saint-Trivier-de-Courtes, Saint-Trivier-sur-Moignans, Thoissey, Trévoux, Villars-les-Dombes, Viriat
	C2	Tous les autres cantons
02 Aisne	C1	Aubenton, la Capelle, Hirson
	A1	Tous les autres cantons
06 Alpes-Maritimes	C1	Breil-sur-Roya, Guillaumes, Lantosque, Puget-Théniers, Roquebillière, Saint-Etienne-de-Tinée, Saint-Martin-Vésubie, Saint-Sauveur-sur-Tinée, Sospel, Tende, Villars-sur-Var
	A2	Tous les autres cantons
08 Ardennes	A1	Asfeld, Attigny, Buzancy, Château-Porcien, Chaumont-Porcien, le Chesne, Grandpré, Juniville, Machault, Monthois, Novions-Porcien, Rethel, Tourteron, Vouziers
	C1	Tous les autres cantons
09 Ariège	C2	Ax-les-Thermes, Les Cabannes, Lavelanet, Mirepoix, Quérigut
	A2	Tous les autres cantons
11 Aude	C2	Belpech, Castelnaudary (tous cantons), Fanjeaux, Salles-sur-l'Hers
	D	Tous les autres cantons
25 Doubs	B1	Audeux, Besançon (tous cantons), Boussières, Marchaux
	E	Maîche, Montbenoît, Morteau, Pierrefontaine-les-Varans, le Russey, Saint-Hippolyte
	C1	Tous les autres cantons
31 Haute-Garonne	C2	Revel
	A2	Tous les autres cantons
34 Hérault	C2	Béziers (tous cantons), Capestang, Olonzac, Saint-Chinian, Saint-Pons-de-Thomières
	B2	Tous les autres cantons
39 Jura	B1	Chaussin, Chemin, Dampierre, Dole (tous cantons), Gendrey, Montbarrey, Montmirey-le-Château, Rochefort-sur-Nenon
	C1	Tous les autres cantons
54 Meurthe-et-Moselle	B1	Arracourt, Baccarat, Bayon, Blâmont, Gerbéviller, Haroué, Lunéville (tous cantons)
	C1	Badonviller, Cirey-sur-Vezouze
	A1	Tous les autres cantons
55 Meuse	C1	Montmédy, Stenay
	A1	Tous les autres cantons

Tableau C.2 Départements appartenant à plusieurs régions de neige : découpage selon les cantons [1)]

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Département	Régions	Cantons
57 Moselle	B1	Albestroff, Behren-lès-Forbach, Château-Salins, Dieuze, Fénétrange, Forbach, Freyming-Merlebach, Grostenquin, Réchicourt-le-Château, Rohrbach-Lès-Bitche, Saint-Avold (tous cantons), Sarralbe, Sarreguemines, Sarreguemines-Campagne, Stiring-Wendel, Vic-sur-Seille, Volmunster
	C1	Bitche, Lorquin, Phalsbourg, Sarrebourg
	A1	Tous les autres cantons
59 Nord	C1	Avesnes-sur-Helpe (tous cantons), Hautmont, Maubeuge (tous cantons), Solre-le-Château, Trélon
	A1	Tous les autres cantons
66 Pyrénées-Orientales	C2	Mont-Louis, Olette, Saillagouse
	D	Tous les autres cantons
67 Bas-Rhin	B1	Drulingen, Sarre-Union
	C1	Tous les autres cantons
70 Haute-Saône	C1	Champagney, Faucogney-et-la-Mer, Héricourt (tous cantons), Lure (tous cantons), Melisey, Villersexel
	B1	Tous les autres cantons
71 Saône-et-Loire	B1	Beaurepaire-en-Bresse, Cuiseaux, Cuisery, Louhans, Montpont-en-Bresse, Montret, Pierre-de-Bresse, Saint-Germain-du-Bois, Tournus
	A2	Tous les autres cantons
73 Savoie	E	Aiguebelle, Aime, Albertville (tous cantons), Beaufort, Bourg-Saint-Maurice, Bozel, le Châtelard, la Chambre, Chamoux-sur-Gelon, Grésy-sur-Isère, Lanslebourg-Mont-Cenis, Modane, Moutiers, Saint-Jean-de-Maurienne, Saint-Michel-de-Maurienne, Saint-Pierre-d'Albigny, la Rochette, Ugine
	C2	Tous les autres cantons
74 Haute-Savoie	C2	Alby-sur-Chéran, Annemasse (tous les cantons), Boëge, Cruseilles, Douvaine, Frangy, Reignier, Rumilly, Saint-Julien-en-Genevois, Seyssel
	E	Tous les autres cantons
81 Tarn	C2	Dourgne, Labruguière, Mazamet (tous les cantons), Saint-Amans-Soult
	A2	Tous les autres cantons
83 Var	C2	Barjols, Besse-sur-Issole, Brignoles, Cotignac, Fréjus, Grimaud, Lorgues, Le Luc, le Muy, Saint-Maximin-la-Sainte-Baume, Saint-Raphaël, Saint-Tropez
	A2	Tous les autres cantons
84 Vaucluse	C2	Valréas
	B2	Tous les autres cantons
88 Vosges	A2	Bulgnéville, Châtenois, Coussey, Lamarche, Mirecourt, Neufchâteau, Vittel
	B1	Bains-les-Bains, Bruyères, Charmes, Châtel-sur-Moselle, Darney, Dompaire, Epinal (tous cantons), Monthureux-sur-Saône, Plombières-les-Bains, Rambervillers, Remiremont, Xertigny
	C2	Tous les autres cantons
1) Selon la carte administrative de la France, publiée par IGN — Paris 1997 (Édition 2).		

Tableau C.2 Départements appartenant à plusieurs régions de neige : découpage selon les cantons [1] (suite)

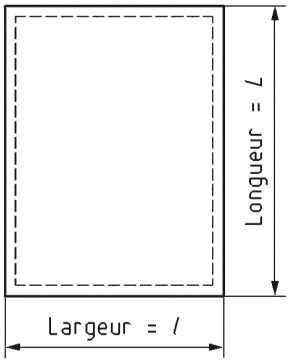
https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe D (normative) Valeurs du coefficient de déformation *α*

Le coefficient *a* prend en compte le module d'élasticité du verre (*E* = 70 GPa).

D.1 Vitrage en appui sur 4 côtés



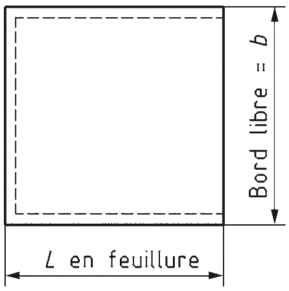
Valeurs du coefficient α	
Rapport largeur/Longueur (l / L)	α
1	0,6571
0,9	0,8000
0,8	0,9714
0,7	1,1857
0,6	1,4143
0,5	1,6429
0,4	1,8714
0,3	2,1000
0,2	2,1000
0,1	2,1143
< 0,1	2,1143

Tableau D.1 Appui sur 4 côtés

D.2 Vitrage en appuis continus sur 3 côtés

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

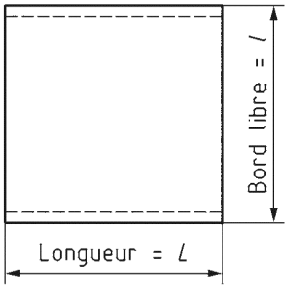
Valeurs du coefficient α	
L / b	Bord libre
	α
0,300	0,68571
0,333	0,73143
0,350	0,80000
0,400	0,91429
0,500	1,14286
0,667	1,51429
0,700	1,56286
0,800	1,71000
0,900	1,85714
1,000	2,00000
1,100	2,05714
1,200	2,11429
1,300	2,17143
1,400	2,22857
1,500	2,28571
1,750	2,31429
2,000	2,35714
3,000	2,37143
4,000	2,38571
5,000	2,38571
> 5	2,38571

Tableau D.2 Appuis continus sur 3 côtés

D.3 Vitrage en appuis libres continus sur 2 côtés

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Valeurs des coefficients α
Flèches
α
2,1143

Tableau D.3 Appuis libres continus sur 2 côtés

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe E (normative) Vitrages non rectangulaires

Les vitrages non rectangulaires sont assimilés à un vitrage équivalent de dimensions correspondant aux figures ci-dessous.

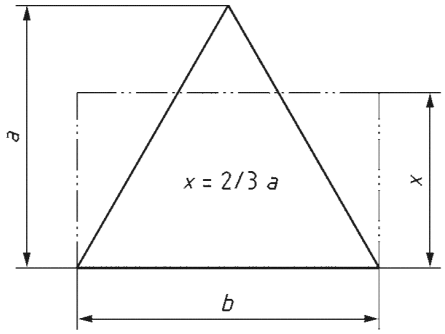


Figure E.1 Triangle isocèle

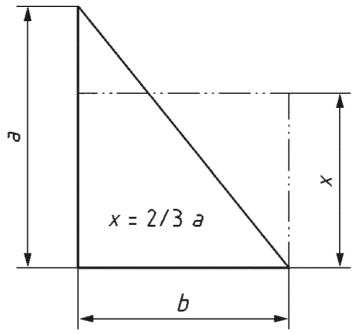


Figure E.2 Triangle rectangle

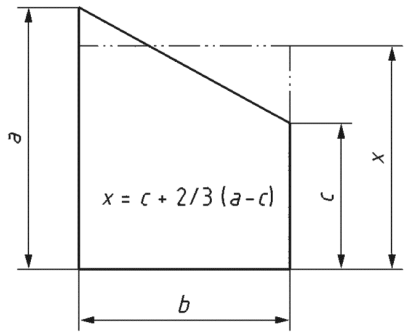


Figure E.3 Trapèze rectangle

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

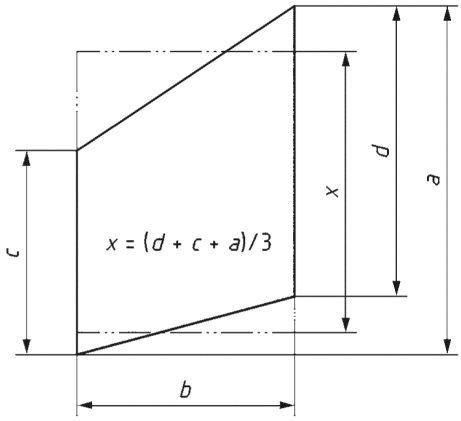


Figure E.4 Trapèze

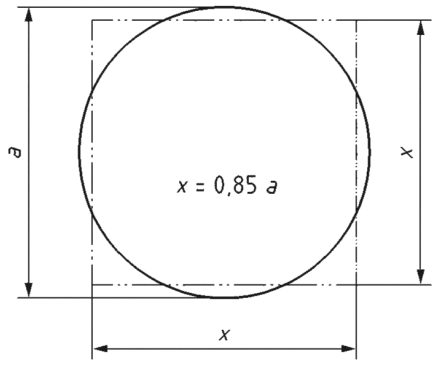


Figure E.5 Cercle

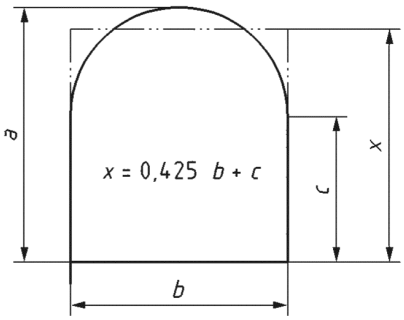


Figure E.6 Demi-cercle + rectangle

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe F (normative) Stabilisateurs

Les stabilisateurs, comme les montants des châssis qu'ils remplacent, supportent les charges appliquées aux glaces, soit essentiellement les efforts dus au vent. La répartition des charges étant différente selon la position des glaces, deux cas sont envisagés.

Un stabilisateur double peut constituer un support du vitrage de façade, selon les dispositions du paragraphe 11.3.1 de la NF DTU 39 P1-1 (CCT). Un stabilisateur double est constitué de deux stabilisateurs identiques.

Un stabilisateur simple peut constituer un support du vitrage de façade, sous réserve de justifications complémentaires.

NOTE
Un stabilisateur simple dont la conception et la mise en oeuvre respecte les *Règles Professionnelles de conception, de mise en oeuvre et de collage des stabilisateurs en verre sur chantier,* éditées par la FFPV, constitue un support des vitrages simples de façade uniquement (monolithique ou feuilleté).

F.1 Répartition des charges

F.1.1 Glaces plus hautes que larges

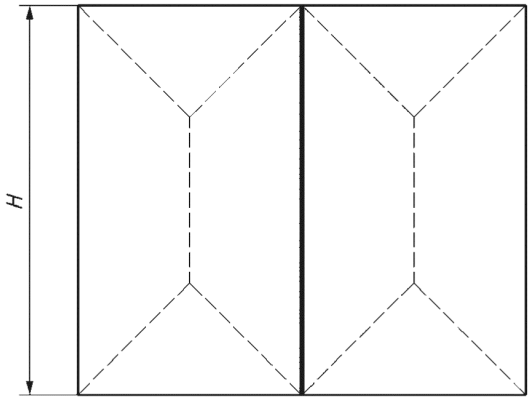


Figure F.1 Glaces plus hautes que larges

L'effort total sur le stabilisateur est pris, comme le total des efforts uniformément répartis sur toute la hauteur et appliqués aux 1/2 glaces situées de part et d'autres du joint.

F.1.2 Glaces carrées ou plus larges que hautes

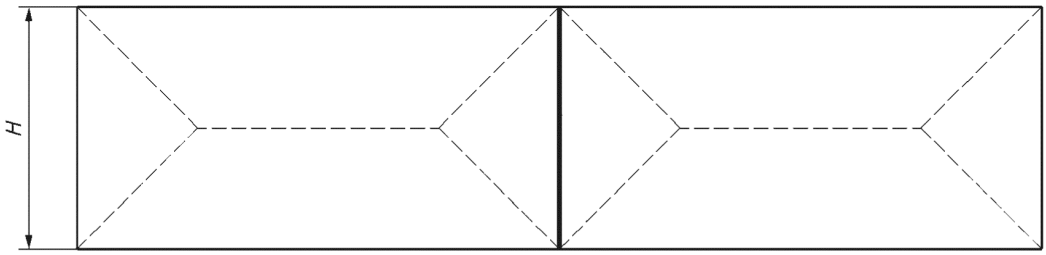


Figure F.2 Glaces plus larges que hautes

Dans le cas de glaces carrées ou plus larges que hautes, l'effort total appliqué au stabilisateur est le total des deux charges triangulaires de part et d'autre du joint. Il est indépendant de la largeur (dimension horizontale) des glaces.

F.2 Epaisseur

L'épaisseur e_s du stabilisateur est fonction de l'épaisseur et de la hauteur des glaces qu'il contrevente. Il doit assurer à celles-ci un appui au moins égal à leur demi-épaisseur ce qui conduit pratiquement aux valeurs suivantes, compte tenu des jeux et des tolérances sur la rectitude de découpe des glaces.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Hauteur des glaces de façade	moins de 3 m	de 3 m à 6 m
Épaisseur des glaces de façade	8 mm à 12 mm	de 10 mm à 19 mm
Stabilisateurs en verre monolithique	15 mm	19 mm
Stabilisateurs en verre feuilleté	1010.2	1515.2

Tableau F.1 Epaisseur mini des stabilisateurs en verre recuit

F.3 Largeur L_t du stabilisateur

F.3.1 Vitrages plus hauts que larges

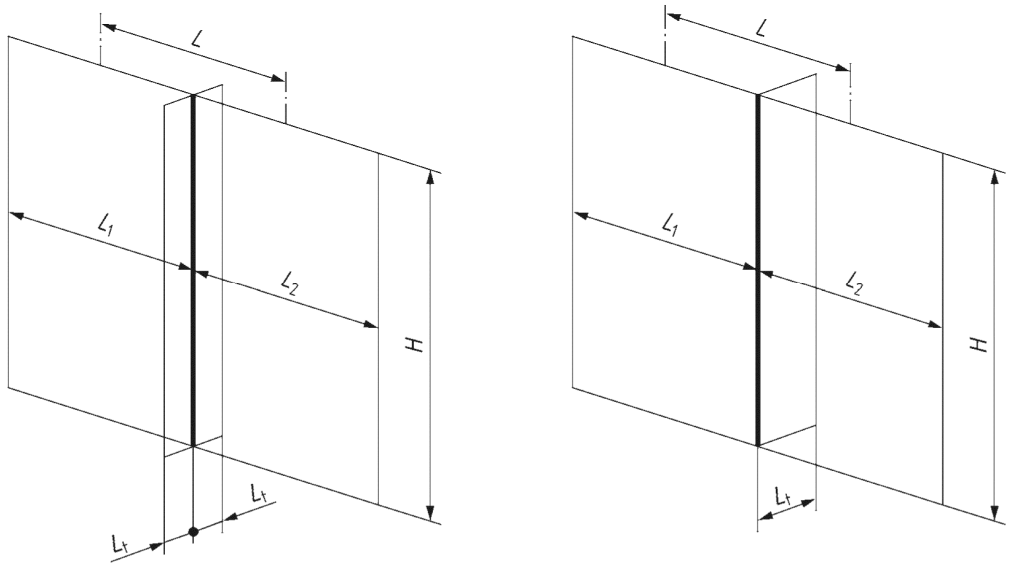


Figure F.3 Largeur du stabilisateur pour des glaces plus hautes que larges

Soit H la hauteur de l'installation en millimètres (mm).
Soit P déterminé suivant le paragraphe 5.1 du présent document.
Soit L_1 et L_2 les largeurs des glaces de part et d'autre du joint en millimètres (mm) (L_1 et L_2 pouvant être égales), d'où :

$$L = \frac{L_1 + L_2}{2} \qquad \text{... (F.1)}$$

Soit e l'épaisseur du stabilisateur choisie comme indiqué plus haut.
Soit L_t la largeur totale cherchée du stabilisateur, en millimètres (mm).
Les formules sont :

$$L_t(1) = 0{,}025 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{P \cdot L}{10\,000 \cdot e_s}} \qquad \text{... (F.2)}$$

- e_s est l'épaisseur nominale pour un vitrage monolithique, ou la somme des épaisseurs des composants

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

vitrage feuilleté.

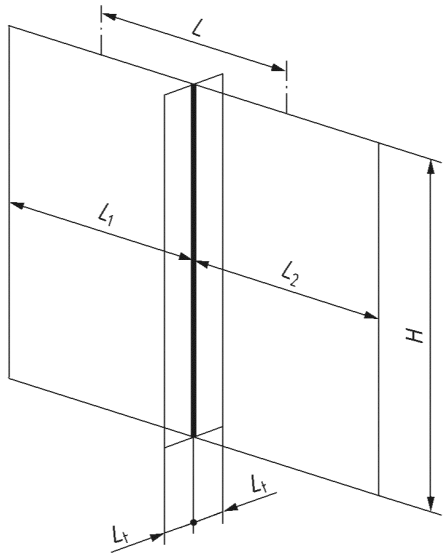
Et :

$$L_t(2) = \frac{P \cdot L \cdot H^3}{2{,}14 \cdot 10^{11} \cdot e_{s_{eq}}{}^3} \qquad \text{... (F.3)}$$

- $e_{s_{eq}}$ est l'épaisseur nominale pour du vitrage monolithique, ou l'épaisseur équivalente du vitrage feuilleté calculé selon le paragraphe 8.2 .

La valeur L_t à retenir est la valeur maximale entre $L_t(1)$ et $L_t(2)$.

EXEMPLE 1



L_1 = 2 000 mm ; L_2 = 3 000 mm ; H = 3 100 mm

→ L = (2 + 3) / 2 = 2 500 mm ; P = 900 Pa, e_s = 19 mm

$H > L$, d'où :

$$L_t(1) = 0{,}025 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{P \cdot L}{10\,000 \cdot e_s}} = 0{,}025 \cdot 3\,100 \cdot \sqrt{\frac{900 \cdot 2\,500}{10\,000 \cdot 19}} = 267 \text{ mm}$$

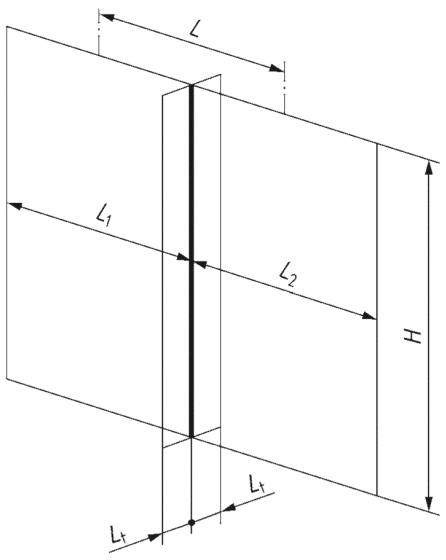
$$L_t(2) = \frac{P \cdot L \cdot H^3}{2{,}14 \cdot 10^{11} \cdot e_{s_{eq}}{}^3} = \frac{900 \cdot 2\,500 \cdot 3\,100^3}{2{,}14 \cdot 10^{11} \cdot 19^3} = 46 \text{ mm}$$

La valeur L_t à retenir est : **L_t = 267 mm**

EXEMPLE 2

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



L_1 = 2 000 mm ; L_2 = 3 000 mm ; H = 6 000 mm
→ L = (2 + 3) / 2 = 2 500 mm ; P = 1 200 Pa, e_s = 19 mm
$H > L$, d'où :

$$L_t(1) = 0{,}025 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{P \cdot L}{10\,000 \cdot e_s}} = 0{,}025 \cdot 6\,000 \cdot \sqrt{\frac{1\,200 \cdot 2\,500}{10\,000 \cdot 19}} = 596 \text{ mm}$$

$$L_t(2) = \frac{P \cdot L \cdot H^3}{2{,}14 \cdot 10^{11} \cdot e_{s_{eq}}{}^3} = \frac{1\,200 \cdot 2\,500 \cdot 6\,000^3}{2{,}14 \cdot 10^{11} \cdot 19^3} = 441 \text{ mm}$$

La valeur L_t à retenir est : **L_t = 596 mm**

F.3.2 Vitrages carrés ou plus larges que hauts

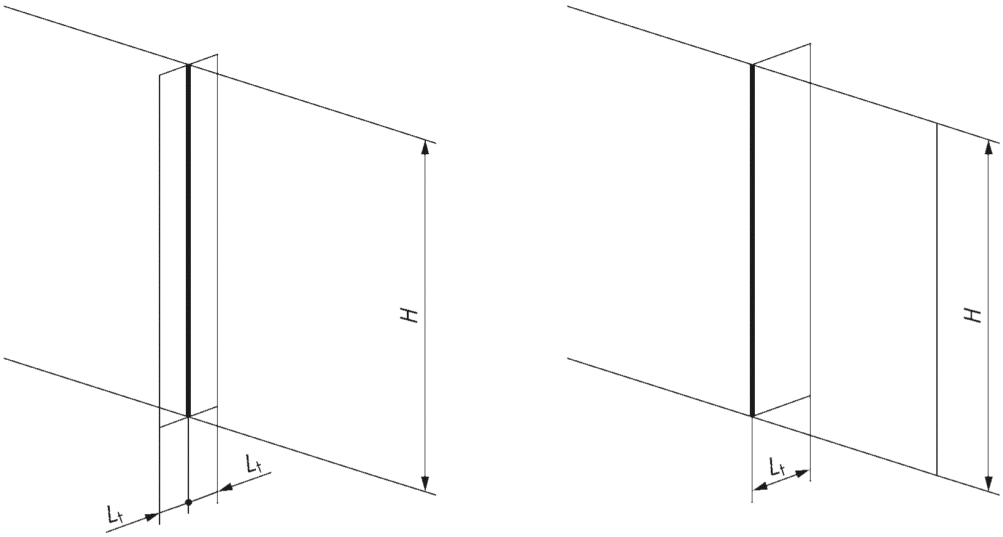


Figure F.4 Stabilisateur pour des vitrages carrés ou plus larges que hauts

Soit

- P est la pression du vent en pascals (Pa) selon l'Article 5 ;

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

- H est la hauteur de l'installation en millimètres (mm) ;
- e_s est l'épaisseur du stabilisateur choisie comme précédemment ;
- L_t est la largeur totale cherchée en millimètres (mm).

Les formules sont :

$$L_t(1) = 0{,}020 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{P \cdot H}{10\,000 \cdot e_s}} \qquad \text{... (F.4)}$$

- e_s est l'épaisseur nominale pour un vitrage monolithique, ou la somme des épaisseurs des composants vitrage feuilleté.

Et

$$L_t(2) = \frac{P \cdot H^4}{2{,}14 \cdot 10^{11} \cdot e_{s_{eq}}{}^3} \qquad \text{... (F.5)}$$

- $e_{s_{eq}}$ est l'épaisseur nominale pour du vitrage monolithique, ou l'épaisseur équivalente du vitrage feuilleté.

La valeur L_t à retenir est la valeur maximale entre $L_t(1)$ et $L_t(2)$.

Comme précédemment, ces formules donnent la largeur totale L_t nécessaire. Cette valeur sera, soit prise intégralement comme largeur du contreventement lorsque celui-ci est disposé à l'intérieur, soit divisée en deux lorsque le stabilisateur est à cheval sur le pan de verre.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe G (informative) Exemples de calculs de compositions

G.1 Simple vitrage feuilleté incliné

Vitrage en châssis fixe rectangulaire pris en feuillure sur 4 côtés, hauteur du bâtiment = 9 m.
Dimensions : 1,20 m × 0,90 m, β = 30°
Département : Ariège (09), village sur le canton d'Ax-les-Thermes, altitude A = 1 600 m, sans accumulation de neige, sans risque d'avalanche.
Pression de vent : Région 2, catégorie IIIb : P1 = 1 050 Pa
Charge de neige : Région C2 :

- S_k = 650 Pa
- S_{Ad} = 1 350 Pa
- $\Delta S_1 = 3{,}5 \times A - 2\,450$
- ΔS_1 = 3 150 Pa
- $S_1 = (S_k + \Delta S) \times \mu \times C_e \times C_t$
- S_1 = (650 + 3 150) × 1,0 × 1,0 × 1,0
- S_1 = 3 800 Pa

Dans le cas d'une charge de neige exceptionnelle, selon le paragraphe 5.3.1 :

- $S_2 = S_{Ad} \times \mu \times C_e \times C_t$
- S_2 = 1 350 Pa
- P_p = 400 Pa (hypothèse : vitrage feuilleté de sécurité 88.2)
- P_2 = 3,75 × (3 800 + 350) = 15 750 Pa
- P_3 = 2,2 × (1 350 + 350) = 3 850 Pa

$$e_1 = \sqrt{\frac{1{,}08 \times 15\,750}{100}} = 13{,}0 \text{ mm}$$

-
- ε_2 = 1,3 ; c = 1

On doit vérifier que $\boldsymbol{e}_R$ est supérieur ou égal à $e_1 \times c$.
Verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) recuit 88.2 (ε_3 = 1,0).
$MAX(\varepsilon_3)$ = 1,0.

$$e_R = \frac{e_i + e_j}{\varepsilon_2 \times 0{,}9 \times MAX(\varepsilon_3)} = \frac{8+8}{1{,}3 \times 0{,}9 \times 1{,}0} = 13{,}7 \text{ mm}$$

La composition du vitrage en verre feuilleté de sécurité recuit 88.2 est validée en résistance.
Vérification de la flèche :

$$e_F = \frac{8+8}{1{,}3} = 12{,}3 \text{ mm}$$

Pour l/L = 0,90 / 1,20 = 0,75. On prend la valeur de α pour l/L = 0,7 dans le Tableau C.1 : α = 1,1857.

$$f = 1{,}1857 \times \frac{15\,750}{1{,}5} \times \frac{0{,}9^4}{12{,}3^3} = 4{,}4 \text{ mm}$$

La flèche étant limitée à 900/60 = 15,0 mm, la composition 88.2 convient.

G.2 Vitrage isolant vertical avec une face feuilletée

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Vitrage rectangulaire pris en feuillure sur 2 côtés.
Dimensions : 2,25 m (bord libre) × 1,10 m
Département : Ille-et-Vilaine (35), zone industrielle en périphérie de Rennes, hauteur du bâtiment < 9 m
Pression de vent : Région 2, catégorie IIIb : P_1 = 1 050 Pa
P_1 = 1 050 Pa.

$$e_1 = \frac{2{,}25 \times \sqrt{1\,050}}{6{,}3} = 11{,}6 \text{ mm}$$

$$c = 1$$

On doit vérifier que e_R est supérieur ou égal à $e_1 \times c$

Première Hypothèse : vitrage feuilleté de sécurité (composants recuits) 88.2/xx/10

ε_1 = 1,6 ; ε_2 = 1,3
$MAX(\varepsilon_3)$ = 1,0 (Vitrage recuit)

$$e_R = \frac{\frac{e_i + e_j}{\varepsilon_2 \times 0{,}9} + e_k}{\varepsilon_{1R} \times MAX(\varepsilon_3) \times 0{,}9} = \frac{\frac{8+8}{1{,}3 \times 0{,}9} + 10}{1{,}6 \times 1{,}0 \times 0{,}9} = 16{,}4 \text{ mm}$$

$$e_R \geq e_1 \times c$$

La composition du vitrage isolant avec une face en verre feuilleté de sécurité recuit 88.2/xx/10 est validée en résistance.
Vérification de la flèche :

$$e_F = \frac{\left(\frac{8+8}{1{,}3} + 10\right)}{1{,}6} = 13{,}9 \text{ mm}$$

Pour un vitrage prise en feuillure sur 2 côtés opposés, on prend la valeur dans le Tableau C.3 : α = 2,1143

$$f = 2{,}1143 \times \frac{1\,050}{1{,}5} \times \frac{2{,}25^4}{13{,}9^3} = 14{,}0 \text{ mm}$$

La flèche étant limitée à 2 250/150 = 15,0 mm, la composition 88.2/xx/10 convient.

Deuxième Hypothèse : vitrage feuilleté de sécurité (1 composant recuit, 1 composant sablé) 88.2/xx/10

$MAX(\varepsilon_3)$ = 1,1 (Vitrage sablé)

$$e_R = \frac{\frac{e_i + e_j}{\varepsilon_2 \times 0{,}9} + e_k}{\varepsilon_1 \times 0{,}9 \times MAX(\varepsilon_3)} = \frac{\frac{8+8}{1{,}3 \times 0{,}9} + 10}{1{,}6 \times 0{,}9 \times 1{,}0} = 14{,}9 \text{ mm}$$

$$e_R > e_1 \times c$$

La composition 88.2/xx/10 convient. La flèche est identique à la première hypothèse.

G.3 Vitrage isolant incliné avec deux faces feuilletées

Vitrage rectangulaire en appui sur 4 côtés, pris en feuillure 3 côtés (en dépression). Incliné 15° par rapport à l'horizontale.
Dimensions : 2,00 m × 0,80 m (bord libre)
Département : Pyrénées Orientales (66), Collioure, hauteur du bâtiment : 4 m, à proximité du littoral.
Conformément aux dispositions du paragraphe 5.1.2 , Collioure étant situé sur le littoral méditerranéen, il sera

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

considéré une catégorie de terrain II, vis-à-vis des effets du vent et non pas 0.
Pression de vent : Région 3, catégorie II : P1 = 2 100 Pa
Charge de neige : Région D : S_k = 900 Pa, altitude A < 200 m, avec accumulation de neige (verrière sur pignon), sans risque d'avalanche.

- S_k = 900 Pa
- S_{Ad} = 1 800 Pa
- $S_1 = S_k \times \mu \times C_e \times C_t$
- S_1 = 900 × 1,6 × 1,0 × 1,0
- S_1 = 1 440 Pa

Dans le cas d'une charge de neige exceptionnelle, selon le paragraphe 5.3.1 :

- $S_2 = S_{Ad} \times \mu \times C_e \times C_t$
- S_2 = 2 880 Pa
- P_p = 500 Pa (hypothèse : 55.2/xx/55.2)
- P_2 = 3,75 × (1 440 + 500) = 7 275 Pa
- P_3 = 2,2 × (2 880 + 500) = 7 436 Pa

Premier Cas : Pression

$$e_1 = \sqrt{\frac{1{,}6 \times 7\,436}{100}} = 10{,}9 \text{ mm}$$

On doit vérifier que $\boldsymbol{e_R}$ est supérieur ou égal à $e_1 \times c$
Vitrage isolant (ε_1 = 1,6) avec deux faces en verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) recuit (ε_3 = 1,0) 55.2/xx/55.2.
$MAX(\varepsilon_3)$ = 1,0.

$$e_R = \frac{\dfrac{e_i + e_j}{\varepsilon_2 \times 0{,}9} + \dfrac{e_k + e_i}{\varepsilon_2 \times 0{,}9}}{\varepsilon_1 \times 0{,}9 \times MAX(\varepsilon_3)} = \frac{\dfrac{5+5}{1{,}3 \times 0{,}9} + \dfrac{5+5}{1{,}3 \times 0{,}9}}{1{,}6 \times 0{,}9 \times 1{,}0} = 11{,}9 \text{ mm}$$

$$e_R \geq e_1 \times c$$

La composition du vitrage isolant avec deux faces en verre feuilleté de sécurité recuit 55.2/xx/55.2 est validée en résistance.
Vérification de la flèche :

$$e_R = \frac{\dfrac{e_i + e_j}{\varepsilon_2} + \dfrac{e_k + e_i}{\varepsilon_2}}{\varepsilon_1} = \frac{\dfrac{5+5}{1{,}3} + \dfrac{5+5}{1{,}3}}{1{,}6 \times 1{,}0} = 9{,}6 \text{ mm}$$

$$e_F = 9{,}6 \text{ mm}$$

Pour l/L = 0,80 / 2,20 = 0,4. On prend la valeur de α pour l/L = 0,4 dans le Tableau C.1 : α = 1,8714

$$f = 1{,}8714 \times \frac{7\,436}{1{,}5} \times \frac{0{,}8^4}{9{,}6^3} = 4{,}3 \text{ mm}$$

La flèche étant limitée à 800/60 = 13,3 mm, la composition 55.2/xx/55.2 convient.
Deuxième cas : Dépression
P_p = 500 Pa (hypothèse : 55.2/xx/55.2)
$P_5 = P_{Vent} - P_p$ = 2 100 − 500 = 1 600 Pa

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

$$e_1 = \frac{0{,}8 \times \sqrt{1\,600}}{6{,}3} = 5{,}1 \text{ mm}$$

$e_R = 11{,}9$ mm

$e_R \geq e_1 \times c$

La composition du vitrage isolant avec deux faces en verre feuilleté de sécurité recuit 55.2/xx/55.2 est validée en résistance.

Vérification de la flèche :

$e_F = 9{,}6$ mm

Pour L/b = 2,00 / 0,80 = 2,5. On prend la valeur de α pour L/b = 3,000 dans le Tableau C.2 : α = 2,37143

$$f = 2{,}37143 \times \frac{1\,600}{1{,}5} \times \frac{0{,}8^4}{9{,}6^3} = 1{,}2 \text{ mm}$$

La flèche étant limitée à 800/150 = 5,3 mm, la composition 55.2/xx/55.2 convient.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Bibliographie

[1] NF EN 12600, *Verre dans la construction — Essai au pendule — Méthode d'essai d'impact et classification du verre plat* (indice de classement : P 78-223)

[2] NF EN 14449 , *Verre dans la construction — Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité — Evaluation de la conformité* (indice de classement : P 78-149).

© AFNOR 2012 - Imprimé par VINCI CONSTRUCTION FRANCE le 24/12/2013

https://www.engcopilot.com/